PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 15. April 1911. Redaktionsschluß für No. 9 am 22. April 1911. 12. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

O. v. Baeyer, O. Hahn u. L. Meitner, Über die β-Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums. S. 273.

B. Pogány, Über einige Beobachtungen über die Polarisation des von Metallgittern gebeugten Lichtes. S. 279.

Th. v. Kármán, Über die Turbulenzreibung verschiedener Flüssigkeiten. S. 283.

W. Nusselt, Der Wärmeübergang in Rohrleitungen. S. 285.

O. M. Corbino, Periodische Widerstandsänderungen feiner Metallfäden, die durch Wechselströme zum Glühen gebracht werden, sowie Ableitung ihrer thermischen Eigenschaften bei hoher Temperatur. S. 292.

C. Fischer, Strahlung von Antennen. S. 295.

J. E. Ives, Eine Näherungstheorie für die Antenne mit großem Widerstand. S. 303.

H. Schulz, Über eine neue Interferenzerscheinung im parallelen Licht. S. 306.

J. Stark, Bemerkung zu einer Mitteilung des Herrn P. P. Koch. S. 310.

Besprechungen:

A. Johnsen, Wachstum und Auflösung der Kristalle. S. 310.

Berichtigungen. S. 311.

Tagesneuigkeiten. S. 311.

Personalien. S. 311.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1911. S. 311.

Gesuche. S. 328.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die β-Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums.

Von Otto v. Baeyer, Otto Hahn und Lise Meitner.

Vor kurzem haben v. Baeyer und Hahn[1]) eine Untersuchung über das magnetische Spektrum der β-Strahlen einheitlicher radioaktiver Produkte veröffentlicht. Dabei kamen die Verfasser zu dem Resultat, daß die β-Strahlen verschiedener radioaktiver Substanzen (besonders der Thoriumgruppe) ein diskontinuierliches magnetisches Linienspektrum ergeben, wobei eine einheitliche Substanz immer durch eine oder mehrere wohldefinierte β-Strahlengruppen charakterisiert ist.

Bei der Fortführung der Versuche haben wir uns zunächst auf die Untersuchung der β-Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums beschränkt und unser besonderes Augenmerk auf die Eigenschaften der β-Strahlengruppen gerichtet. So wurde die Geschwindigkeit der einzelnen β-Strahlen bestimmt, ihre Homogenität und ihr Verhalten bei dem Durchdringen von absorbierenden Substanzen untersucht.

I. Bestimmung der Geschwindigkeit der β-Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums.

Die Messung der Geschwindigkeit geschah in der üblichen Weise durch Bestimmung der magnetischen Ablenkbarkeit, d. h. des Wertes von $H\varrho$ (H Feldstücke in Gauß, ϱ Krümmungsradius in cm). Unter Zugrundelegung des Wertes für

$$\frac{e}{m_0} = 1{,}77 \cdot 10^7 \text{ elektromag. Einh.}$$

und der aus dem Relativitätsprinzip folgenden Beziehung zwischen Masse und Geschwindigkeit läßt sich dann die Geschwindigkeit berechnen.

Die Anordnung zur Aufnahme des magnetischen Spektrums war dieselbe wie die bei den früheren Versuchen verwandte.

Die Apparatdimensionen waren folgende: Abstand der photographischen Platte von der aktiven Substanz $d = 40{,}0$ mm vom Spalt $d_1 = 12{,}5$ mm.

Ist a die gemessene Ablenkung eines Strahles, so gilt angenähert

$$2\varrho = \frac{d\,d_1}{a}$$

Die Feldstärke in der zur Ablenkung dienenden Spule wurde gemessen durch Vergleich mit einer Spule von bekannter Windungszahl[1]).

Die zur Ablenkung dienende Spule hatte einen Durchmesser von 15 cm und eine Länge von 20 cm.

Bei einer Stromstärke von 3,5 Amp. ergab die Messung in der Mitte der Spule eine Feldstärke von 107,6 Gauß.

Die Aufnahme erfolgte in diesem Feld mit einem aktivierten Messingdraht von 0,2 mm Durchmesser und etwa 10 mm Länge, dessen γ-Strahl Aktivität etwa 0,1 mg Radium entsprach. Eine Expositionsdauer von 3 Stunden genügte schon, um ein Bild zu erhalten. Direkt ausmeßbar waren nur die stärker ablenkbaren

1) v. Baeyer u. Hahn, diese Zeitschr. 11, 488, 1910.

1) Für die leihweise Überlassung einer solchen Spule sind wir Herrn Prof. E. Gehrcke zu großem Dank verpflichtet.

Strahlen. Da das Spaltbild etwa 0,2 mm breit war, so mußte bei der Ausmessung der photographischen Platte unter einem von Zeiß hergestellten sogenannten Fokometer auf die Mitte der Streifen eingestellt werden. Immerhin ließ sich die Lage des am stärksten auftretenden β-Strahls des Thorium *A* bis auf wenige Hundertstel Millimeter genau bestimmen. Da der Abstand dieses Streifens vom unabgelenkten Strahl $a = 1{,}98$ mm betrug, so ließ sich der Krümmungsradius auf etwa 2 Proz. genau bestimmen.

Es ergab sich $H\varrho = 1380$ Gauß cm.

Aus dem Wert für $H\varrho$ ergibt sich die Geschwindigkeit dieses β-Strahles (die Lichtgeschw. $= 1$ gesetzt) $\beta = 0{,}63$.

Auf dieselbe Weise wurden die drei anderen noch gut meßbaren Streifen ausgemessen. Die Werte für β sind in der Fig. 1 angegeben, in

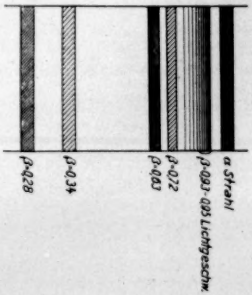

Fig. 1. Das magnetische Spektrum der β-Strahlen des aktiven Niederschlags des Thoriums.

der das magnetische Spektrum des aktiven Niederschlags des Thoriums schematisch dargestellt ist.

Das wenig abgelenkte Spaltbild des Thorium *D* ließ sich nicht ausmessen. Man kann aber auf Vergrößerungen (siehe z. B. Fig. 2) das Verhältnis der Aufspaltung dieses Streifens zu der des starken *Th-A*-Streifens angenähert bestimmen. Man erhält so

$H\varrho = 4000$ bis 5000; $\beta = 0{,}93 - 0{,}95$.

II. Homogenität der β-Strahlen.

Bei den erwähnten Versuchen fiel es auf, daß ebenso, wie schon früher bemerkt wurde, die schnellen β-Strahlen keine scharfen Spaltbilder ergeben. Es erschien deshalb wünschenswert, die Aufnahmen in dieser Hinsicht möglichst zu verbessern, um ein Bild von der Homogenität der einzelnen Strahlengruppen zu erhalten.

Zu diesem Zwecke benutzten wir zur Ablenkung stärkere magnetische Felder von etwa 200 — 300 Gauß, wobei auf Homogenität der Magnetfelder kein besonderer Wert gelegt wurde.

Die Anordnung unterschied sich von der früheren darin, daß wir die Spaltbreite möglichst herabsetzten bis zu 0,1 mm. Vor allem aber wurde bei diesen Versuchen die photographische Platte nicht wie früher senkrecht zum Strahlengang angeordnet, sondern annähernd parallel mit dem Strahlengang, so daß der untere Rand der Platte den Spalt berührt. Auf diese schon mehrfach angewendete Weise erhält man auf der Platte ein Bild des ganzen Verlaufs der Strahlenbündel vom Spalt an.

Aus Aufnahmen dieser Art kann man schließen, ob die Verbreiterung der Streifen durch sekundäre Einflüsse, z. B. durch Reflexion der Strahlen am Spalt, bedingt ist. Ferner kann man den Einfluß verschieden starker Exposition auf die Schärfe der Spaltbilder erkennen. Denn naturgemäß nimmt die Intensität der Strahlung mit der Entfernung vom Spalte ab. Wirklich homogene Strahlen müssen bei starker und schwacher Exposition annähernd gleich breite Spaltbilder ergeben, während die Spaltbilder inhomogener Strahlen, wenn letztere nur ein Intensitätsmaximum besitzen, bei schwacher Exposition schmäler werden.

Das Schiefstellen der photographischen Platte hat noch einen anderen Vorteil, der darin beruht, daß die von den β-Strahlen zu durchdringende Schicht vergrößert wird, was sicherlich dazu beiträgt, die photographische Wirksamkeit speziell der schnellen β-Strahlen zu erhöhen.

Versuchsergebnisse.

Eine auf diese Weise erhaltene Photographie ist in Fig. 2 dargestellt.

Als Strahlungsquelle diente ein aktivierter Messingdraht von 0,2 mm Dicke.

Fig. 2.

Man sieht ohne weiteres, daß die stark abgelenkten β-Strahlen (*Th A*)[1]) scharfe Streifen ergeben, deren Breite überall annähernd gleich ist, während dies bei dem wenig abgelenkten β-Strahl (*Th D*) keineswegs der Fall ist.

Bei näherer Betrachtung dieses letzteren Streifens sieht man, daß er nach Seite der α-Strahlen hin scharf begrenzt ist. Der Zwischenraum zwischen ihm und dem Streifen der α-Strahlen ist vollkommen klar, was ein Beweis dafür ist, daß Sekundärstrahlung oder andere diffuse Strahlen, die vom Spalt oder den Wänden des Apparates ausgehen, hier keine Rolle spielen.

Ferner erkennt man, daß die Hauptintensität des Thorium-*D*-Streifens in einem schmalen Bereich liegt, der nicht wesentlich breiter wie der α-Strahl ist; dies deutet darauf hin, daß die Strahlen des *Th D* aus einem verhältnismäßig homogenen Strahl bestehen, über den sich ein schwächeres, nach der mehr ablenkbaren Seite erstreckendes kontinuierliches Spektrum überlagert. Eine Grenze nach Seite der ablenkbareren Strahlen läßt sich infolge der gleichmäßig abnehmenden Intensität nicht angeben.

Man muß also daraus den Schluß ziehen, daß die β-Strahlen des *Th D* nicht so vollkommen homogen sind wie die Streifen des *Th A*, auch bei Verwendung des unendlich dünnen aktiven Niederschlages als Strahlungsquelle.

Es mag hier erwähnt werden, daß wir eine große Anzahl von Aufnahmen unter den verschiedensten Versuchsbedingungen angestellt haben. So wurde das Material des aktivierten Drahtes variiert (Kohle, Aluminium, graphitiertes Papier), ferner als Unterlage verschiedene Materialien verwendet, oder die Unterlage bis zu 5 mm von dem aktiven Draht entfernt. Niemals aber erhielten wir einen merkbaren Unterschied in dem Verhalten der schnellen β-Strahlen.

Stellt man diese Ergebnisse zusammen mit den Erfahrungen, die wir in der zitierten Arbeit mit *Rd E*[2]); ferner mit den schnellen β-Strahlen von Mesothorium gemacht haben, die sich zwar elektroskopisch als komplex erwiesen haben, aber durch magnetische Ablenkung nicht aufgespalten werden konnten, so ist man wohl berechtigt, allgemein den Schluß zu ziehen, daß in der Homogenität der von einheitlichen Substanzen ausgehenden β-Strahlen ein bedeutender Unterschied zwischen den schnelleren und langsameren besteht. Die β-Strahlen von etwa 70—80 Proz. Lichtgeschwindigkeit an aufwärts sind mehr oder minder inhomogen, während die Strahlen kleinerer Geschwindigkeit eine beträchtliche Homogenität besitzen.

1) Die sehr langsamen β-Strahlen von 0,34 bezw. 0,28 Proz. Lichtgeschwindigkeit sind auf den mit dieser Anordnung erhaltenen Photographien nicht wahrzunehmen.

2) Vgl. auch die Versuche von Gray, Proc. Royal Soc. **84**, 136, 1910.

III. Verhalten der β-Strahlen bei dem Durchdringen von Materie.

Die Inhomogenität schneller β-Strahlen kann darin ihren Grund haben, daß die Strahlen ursprünglich mit ungleicher Geschwindigkeit von der radioaktiven Substanz ausgeschleudert werden.

Diese Annahme, die man natürlich nicht ohne weiteres von der Hand weisen kann und die ja früher tatsächlich gemacht wurde, erscheint jetzt nach den Erfahrungen mit den langsameren Strahlen, die sich als überraschend homogen zeigen, ziemlich unwahrscheinlich. Näherliegend ist es, nach einer sekundären Ursache zu suchen, die die bei der Emission homogenen Strahlen nachträglich inhomogen macht.

Hierfür kommen nach unseren jetzigen Kenntnissen zweierlei Möglichkeiten in Betracht.

1. Es können die β-Strahlteilchen bei dem Durchdringen der Materie Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen erfahren.

2. Es können die β-Strahlteilchen bei dem Aufprall auf Materie Sekundärstrahlen erzeugen, d. h. eine diffuse Strahlung erregen, deren Geschwindigkeit nach den vorliegenden Beobachtungen durchschnittlich etwas kleiner ist wie die der Primärstrahlung.

Solche Geschwindigkeitsänderungen der β-Strahlen sind schon mehrfach konstatiert worden, zuletzt von W. Wilson[1]).

Wir haben einige Aufnahmen des magnetischen Spektrums gemacht, bei denen die Substanz mit verschieden dicken absorbierenden Schichten bedeckt war.

Wurde der aktivierte Draht mit dünnem Aluminium bedeckt, so ergab sich eine deutliche Verschiebung der langsameren β-Strahlen. Fig. 3 zeigt eine gleichzeitige Aufnahme eines

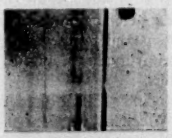

Fig. 3. Geschwindigkeitsänderung der langsamen β-Strahlen.

unbedeckten Drahtes und eines mit 0,045 mm überdeckten. In dem unteren Teil, der dem unbedeckten Draht entspricht, sieht man wieder links neben dem α-Streifen den sehr kräftigen

1) J. A. Crowther, Proc. Cambr. Phil. Soc. **15**, 442, 1910; W. Wilson, Proc. Royal Soc. **84**, 141, 1910.

Thorium-*A*-Streifen und dicht daneben, ganz schwach angedeutet, den weniger stark abgelenkten Streifen.

In dem oberen Teil der Figur, der das magnetische Spektrum des durch 0,045 mm Aluminium hindurchgegangenen β-Strahlen darstellt, sind die beiden Streifen von fast gleicher Intensität, da natürlich der stärker abgelenkte Streifen durch Absorption mehr an Intensität verloren hat wie der andere. Beide Streifen sind deutlich gegenüber den unteren Streifen verschoben, ohne daß dabei ihre Breite bedeutend zugenommen hätte. Dies zeigt, daß die β-Strahlen der Geschwindigkeit 0,63 bzw. 0,72 in 0,045 mm Aluminium einen beträchtlichen Geschwindigkeitsverlust erleiden, der für alle β-Teilchen einer Geschwindigkeit ungefähr gleich ist.

Die Fig. 4 zeigt eine Aufnahme nach der in II genannten Anordnung, wobei als Strahlungs-

Fig. 4.

quelle ein Glasröhrchen von 0,3 mm Durchmesser und etwa 0,03 — 0,04 mm Wandstärke diente, das mit einem Radiothorpräparat[1]) gefüllt war. Die Homogenität der in ihrer Geschwindigkeit geänderten weichen Strahlen ist gegenüber der Aufnahme (Fig. 2) nicht wesentlich vermindert.

Die Geschwindigkeiten, die den verschobenen Streifen entsprechen, wurden in der oben beschriebenen Weise bestimmt und ergaben folgende Werte:

ohne Aluminium
0,63 Proz. Lichtgeschw.
0,72 „ „

mit 0,045 mm Aluminium bedeckt
0,57 Proz. Lichtgeschw.
0,68 „ „

Wir gingen nun dazu über, das Verhalten der schnellen β-Strahlen zu untersuchen und mußten dazu natürlich dickere Absorptionsschichten verwenden. Hier entsteht nun die Schwierigkeit, daß man die absorbierende Schicht nicht beliebig dick wählen kann, da die Streuung der β-Strahlen eine scheinbare Verbreiterung des aktivierten Drahtes bedingt, wodurch die Spaltbilder ebenfalls verbreitert werden. Wir mußten deshalb statt dickerer Schichten (über 0,5 mm Alum.), Schichten von größerer Dichte (Kupfer bzw. Platin) verwenden, unter der Annahme, daß Vergrößerung der Dichte ebenso wirkt, wie Vergrößerung der Dicke der Aluminiumschichten.

Wir konnten noch bei Zwischenschalten von Schichten, die etwa 1 mm Aluminium entsprechen (es wurde 0,32 mm Kupfer verwendet), deutliche Bilder erhalten. Die absorbierende Schicht wurde in allen Fällen möglichst dicht um den aktivierten Draht gebracht. Um den unabgelenkten Streifen zu erhalten, wurde hierbei eine Zeitlang ohne Magnetfeld exponiert. Es wurden mit folgenden absorbierenden Schichten Aufnahmen gemacht: 0,2, 0,5, 1 mm Aluminium, 0,32 mm Kupfer, 0,05, 0,1 mm Platin. Alle Aufnahmen (bis auf die mit 1 mm Aluminium) zeigen deutlich einen wenig abgelenkten Streifen maximaler Intensität und daran anschließend nach Seite der langsamen Strahlen ein mehr oder minder breites kontinuierliches Spektrum. Die Ausmessung der erhaltenen Bilder bietet nun natürlich die schon oben erwähnte Schwierigkeit, man kann aber mit ziemlicher Genauigkeit die Lage der einen Kante, die nach Seite des unabgelenkten Streifens liegt, bestimmen.

Die Ausmessung dieses Abstandes ergab, daß eine Verschiebung von der Größe, wie man sie nach den Wilsonschen Messungen erwarten sollte, nicht zu konstatieren war.

Nach Wilson müßte ein β-Strahl, für den $H\varrho = 4800$ ist, nach Durchdringen von 0,5 mm Aluminium einen Wert von $H\varrho = 3850$, von 1 mm Aluminium $H\varrho = 2900$ ergeben.

Da der Abstand der scharfen Kante von dem unabgelenkten Streifen bei unseren Versuchen etwa 0,42 mm betrug, der sich auf etwa 0,03—0,04 mm genau bestimmen ließ, hätte sich eine so große Verschiebung sicherlich feststellen lassen. Daraus geht also hervor, daß ein Teil der schnellen β-Strahlen selbst nach Durchdringen von 0,32 mm Kupfer einen Geschwindigkeitsverlust erleidet, der kleiner ist wie 1 Proz. (Eine Änderung von 10 Proz. im Werte von $H\varrho$ bedingt erst eine Geschwindigkeitsänderung von etwa 1 Proz.)

1) Radiothor ergibt dieselben β-Strahlen wie *Th* (*A*, *B*, *C*, *D*) bis auf den sehr langsamen β-Strahl des *Th X*, der durch die Glaswandung absorbiert wird.

Wenn nun auch ein Teil des β-Strahlenbündels seine ursprüngliche Geschwindigkeit, soweit die Meßgenauigkeit reicht, beibehält, so kann doch im übrigen eine Geschwindigkeitsänderung eintreten, die nicht ohne weiteres zu erkennen ist, da wir hier mit ursprünglich inhomogenen Strahlen arbeiten.

Betrachtet man daraufhin die oben erwähnten Aufnahmen, so fällt auf, daß die Breite des β-Strahlstreifens im ganzen bei diesen Versuchen beträchtlich schmäler ist, wie bei den Versuchen ohne absorbierende Substanz. Dies war ja auch zu erwarten, da die absorbierende Substanz die Intensität langsamer β-Strahlen in viel höherem Grade schwächt wie die der schnellen. Wäre nun lediglich eine solche einfache Absorption vorhanden, so müßte man durch hinreichend dicke absorbierende Schichten ein beliebig homogenes β-Strahlenbündel erzielen können. Die Versuche zeigen aber, daß selbst nach Durchdringen von 1 mm Aluminium (oder einer äquivalenten Dicke) eine deutliche Inhomogenität bestehen bleibt. So ändert sich bei Aluminium diese Inhomogenität zwischen 0,2 und 0,5 mm überhaupt nicht mehr merkbar, so daß man die beiden Bilder nicht voneinander unterscheiden kann. Dies zeigt deutlich, daß hier nicht allein der Absorptionseffekt vorliegt, sondern daß ein Teil der β-Strahlen in der absorbierenden Substanz einen Geschwindigkeitsverlust erleidet. Durch diese Art der Geschwindigkeitsänderung, die im Gegensatz zu dem Verhalten der langsamen β-Strahlen, nicht alle β-Strahlteilchen betrifft, würde ein ursprünglich homogener β-Strahl inhomogen werden.

Wir haben einige Versuche angestellt, die geeignet sind, diese Schlüsse zu stützen, wenn sich auch bei der hier angewendeten Methode nur qualitative Ergebnisse erzielen lassen. Wir haben dazu analog, wie es Wilson (l. c.) bei seinen elektroskopischen Messungen gemacht hat, das absorbierende Blech direkt vor die photographische Platte gebracht.

Bei dieser Anordnung kann lediglich die absorbierende Wirkung in Frage kommen, während eine Geschwindigkeitsänderung sich nicht bemerkbar machen kann. Dabei muß man allerdings auf eine durch Streuung der β-Strahlen bedingte Verbreiterung des Streifens nach beiden Seiten rechnen. Bringt man nun andrerseits dieselbe absorbierende Substanz, wie oben, direkt über dem aktiven Draht an, so muß sich ein Inhomogenwerden bemerkbar machen; d. h. der so erhaltene Streifen muß im Vergleich mit dem vorher erhaltenen nach Seite der langsameren Strahlen verbreitert sein. Dieser Versuch ließ sich ohne weiteres für Platin von 0,05 mm Dicke anstellen und ergab dabei das erwartete Resultat. Bei Aluminium ist der Versuch nicht so einfach auszuführen. Denn bei 0,2 mm Dicke zeigt die in beiden Fällen erhaltene Photographie keinen Unterschied, d. h. bei dieser Dicke liegt eine eventuell auftretende Inhomogenität innerhalb des durch Absorption ausgeblendeten Geschwindigkeitsbereichs.

Bei 0,5 mm Aluminium ist nun die Streuung schon so merkbar, daß die Aufnahme mit dieser Schicht vor der photographischen Platte einen nach beiden Seiten stark verbreiterten Streifen ergibt, der einwandfreie Schlüsse nicht zuläßt. Wir glauben aber unbedenklich den indirekten Schluß ziehen zu dürfen, daß 0,5 mm Aluminium durch reine Absorption ein mindestens ebenso enges Geschwindigkeitsbereich ausblendet wie das vorher verwendete 0,05 mm Platin (was auf gleiche Dichte bezogen 0,4 mm Aluminium entspricht), d. h. wir vergleichen eine Aufnahme, bei der der aktivierte Draht mit 0,5 mm Aluminium bedeckt ist, mit einer Aufnahme, bei der 0,05 mm Platin vor der photographischen Platte angebracht ist. Die Beobachtung der beiden Aufnahmen zeigt einen sehr deutlichen Unterschied, indem der durch 0,5 mm Aluminium hindurchgegangene β-Strahl wesentlich inhomogener ist.

Es mag noch hinzugefügt werden, daß selbstverständlich alle diese Aufnahmen unter möglichst gleichen Bedingungen durchgeführt wurden. Dabei ist aber ein Umstand auffallend, daß nämlich in allen Fällen, wo die absorbierende Schicht die aktive Substanz bedeckt, die erhaltenen Aufnahmen intensiver waren, als wenn unter sonst gleichen Umständen dieselbe absorbierende Schicht vor der photographischen Platte angebracht war. Ob sich dieser Unterschied allein durch Streuung oder mehrfache Reflexion erklären läßt, mag dahingestellt bleiben.

Wendet man die Ergebnisse dieser Versuche auf die in II erhaltenen Versuche an, so läßt sich folgendes bemerken:

Dient ein aktivierter Draht als Strahlungsquelle, so haben die β-Strahlen die Möglichkeit, die verschiedensten Dicken zu durchdringen. Die langsamen β-Strahlen müßten nach dem vorherigen dadurch am meisten an Homogenität verlieren wegen der für verschiedene Dicken verschiedenen Geschwindigkeitsänderung; da dies tatsächlich nicht der Fall ist, so folgt daraus, daß sie praktisch nur von der Oberfläche kommen. Verwendet man als Strahlungsquelle eine aktive Substanz von endlicher Dicke, so tritt eine Verwaschung ein. Dies zeigt z. B. eine Photographie (Fig. 5), die mit Radiothor in einer Glasrinne von 0,3 mm Breite aufgenommen wurde; speziell der sehr lang-

Fig. 5.

same dem ThX angehörende β-Strahl ist ziemlich verwaschen.

Die schnellen β-Strahlen können, wie wir gesehen haben, nach Durchdringen von 0,2 mm Messing wohl noch auf der photographischen Platte bemerkbar sein. Es ist demnach nach dem Vorigen durchaus möglich, daß jedenfalls ein Teil der Inhomogenität der schnellen β-Strahlen bei dem Durchdringen des aktivierten Drahtes entsteht. Dagegen sprechen allerdings Versuche mit sehr dünnen aktivierten Kohlefäden, ferner ein Versuch, bei dem ein schmaler Aluminiumblechstreifen von 0,03 mm Dicke aktiviert wurde. Diese Versuche ergaben nämlich keineswegs homogenere Strahlen. Es erscheint demnach als das wahrscheinlichste, daß die Inhomogenität größtenteils in unmittelbarer Nähe des Ausgangspunktes der β-Strahlen entsteht, durch den Effekt der Reflexion bezw. Sekundärstrahlung, der nach den Untersuchungen von Kowarik, immer eine Geschwindigkeitsänderung mit sich bringt und gerade bei schnellen β-Strahlen besonders stark auftritt.

Die hier beschriebenen Versuche sind natürlich noch zu ergänzen durch Versuche mit Strahlen mittlerer Geschwindigkeit z. B. 85 Proz. Lichtgeschw. Die Schwierigkeit solcher Versuche liegt darin, daß man zur Erzielung einwandfreier Resultate mit unendlich dünnen aktiven Schichten arbeiten muß. Dadurch ist die Auswahl unter den radioaktiven Substanzen auf einige wenige beschränkt. Der aktive Niederschlag des Radiums ist wohl das geeignetste Material, hat aber den großen Nachteil der geringen Lebensdauer.

Es scheint von Interesse, die Eigenschaften der einzelnen β-Strahlengruppen und gleichzeitig auch der Kathodenstrahlen zusammenzustellen.

β-Strahlen von unendlich dünnen Schichten	über 80 Proz. Lichtgeschwindigkeit inhomogen	zeigen bei dem Durchtritt durch absorbierende Schicht keine oder sehr geringe Geschwindigkeitsänderung des Intensitätsmaximums. Homogene Strahlen werden inhomogen	ergeben bei dem Auftreffen auf Materie kräftige reflektierte [1]) bezw. Sekundärstrahlung von durchschnittlich geringer Geschwindigkeit
	unter 80 Proz. Lichtgeschwindigkeit homogen	zeigen starke Geschwindigkeitsänderung, wobei die Homogenität wenig gestört wird.	geringe Reflexion bezw. Sekundärstrahlung [1])
Kathodenstrahlen	etwa 20 Proz. Lichtgeschwindigkeit	zeigen starke Geschwindigkeitsänderung des Intensitätsmaximums [2]), zugleich werden homogene Strahlen inhomogen.	kräftige Reflexion bezw. Sekundärstrahlung [3]) mit Geschwindigkeitsverlust [4])

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die einheitliche Geschwindigkeitsänderung der Elektronenstrahlung bei dem Durchtritt durch Materie ein Effekt ist, der besonders stark bei langsamen β-Strahlen auftritt, während das Inhomogenwerden Hand in Hand geht mit dem Auftreten von Sekundärstrahlen, das merkwürdigerweise ein Minimum bei mittlerer Geschwindigkeit zeigt.

IV. Anwendung der erhaltenen Resultate auf die elektroskopische Bestimmung von Absorptionskurven radioaktiver Substanzen.

Die vorstehend mitgeteilten Resultate stehen teilweise im Widerspruch mit den von Hahn und Meitner aus früheren Ionisationsmessungen gezogenen Folgerungen. Hahn und Meitner hatten für die Absorption der β-Strahlen einheitlicher radioaktiver Produkte im Aluminium ein Exponentialgesetz gefunden und daraus gefolgert, daß die β-Strahlen einheitlicher Produkte durch ganz bestimmte Geschwindigkeiten charakterisiert sind, die auch beim Durchgang durch Materie unverändert erhalten bleiben.

Die vorangestellten photographischen Befunde zeigen, daß diese Folgerungen nicht zu-

1) F. Kowarik und W. Wilson, Phil. Mag. **20**, 866, 1910.

2) Warburg, Berl. Ber. 267, 1902; Leithäuser, Ann. d. Phys. **15**, 283, 1904.

3) Starke, Wied. Ann. **66**, 49, 1898; Ann. d. Phys. **3**, 75, 1900; Austin und Starke, Ann. d. Phys. **9**, 271, 1902.

4) E. Gehrcke, Ann. d. Phys. **8**, 20, 1902.

lässig sind. Denn danach sind die schnellen β-Strahlen über 70—80 Proz. Lichtgeschwindigkeit, wie sie z. B. von dem aktiven Niederschlag des Thoriums ausgehen, inhomogen. Da die Absorption dieser Strahlen unter den angewandten Versuchsbedingungen nach einem Exponentialgesetz erfolgt, so kann das Exponentialgesetz kein Kriterium für die Homogenität der Strahlen sein, wie Hahn und Meitner im Gegensatz zu anderen Forschern angenommen hatten[1]). Es beweist nur, daß die β-Strahlen bei dem Durchtritt durch Aluminium ihr „Durchdringungsvermögen" nicht ändern. Dies ist nur möglich, wenn durch den kombinierten Vorgang der Absorption und andere sekundäre Wirkungen die Form der Intensitätsverteilung sich nicht oder nur wenig ändert, d. h. wenn die zu den einzelnen Geschwindigkeiten des inhomogenen β-Strahlbündels gehörigen Intensitäten annähernd in demselben Verhältnis mit zunehmender Dicke der absorbierenden Schicht abnehmen.

Die Untersuchung der Absorptionskurven der langsamen homogenen β-Strahlen von radioaktiven Substanzen ist direkt nicht möglich, da die langsameren Strahlen Körpern angehören, die nicht getrennt von ihren Zerfallsprodukten — zumindest nicht für die zu den Messungen erforderliche Zeit — hergestellt werden können.

Natürlich behalten trotz der gewonnenen Ergebnisse die Absorptionskurven der β-Strahlen radioaktiver Substanzen ihre Bedeutung als analytisches Hilfsmittel; denn wenn sie auch nicht gestatten, die Homogenität eines β-Strahles zu bestimmen oder zwei β-Strahlen von sehr kleiner Geschwindigkeitsdifferenz nachzuweisen, so leisten sie doch die besten Dienste, um β-Strahlengruppen größerer Geschwindigkeitsdifferenz zu erkennen, speziell in dem Gebiet der schnelleren β-Strahlen, wo die photographische Methode ganz zu versagen scheint.

V. Zusammenstellung der Resultate.

1. Es wurde die Geschwindigkeit der einzelnen β-Strahlen des aktiven Niederschlages des Thoriums bestimmt.

2. Es wurde konstatiert, daß die β-Strahlen des aktiven Niederschlages von über 70—80 Proz. Lichtgeschwindigkeit inhomogen sind, während sie unter dieser Geschwindigkeitsgrenze homogen sind.

3. Langsame homogene β-Strahlen unter 70—80 Proz. Lichtgeschwindigkeit erleiden bei dem Durchgang durch Materie (0,045 mm Al.) einen Geschwindigkeitsverlust, ohne dabei wesentlich inhomogen zu werden.

1) W. Wilson, l. c.

Schnelle homogene β-Strahlen erleiden bei dem Durchgang durch Materie einen jedenfalls sehr geringen Geschwindigkeitsverlust, werden aber gleichzeitig durch sekundäre Einflüsse inhomogen.

Berlin, Physikalisches Institut und I. Chemisches Institut der Universität.

(Eingegangen 13. März 1911.)

Über einige Beobachtungen über die Polarisation des von Metallgittern gebeugten Lichtes. (Vorläufige Mitteilung.)

Von Béla Pogány.

Während die Polarisation des gebeugten Lichtes bei Glasgittern und bei Metalldrahtgittern schon so vielfach ein Gegenstand der Messung gewesen ist, wurde dieselbe bei Metallreflexionsgittern nur wenig untersucht. Auf Anregung von Herrn Prof. W. Voigt unternahm ich es daher einige Beobachtungen hierüber im Göttinger Physikalischen Institute anzustellen. Da gerade in der letzten Zeit mehrfach über andere, mit dem genannten Probleme im Zusammenhang stehende Fragen gearbeitet worden ist, so möchte ich einige der bisherigen Resultate hier kurz mitteilen. Die ausführliche Darstellung meiner Untersuchungen wird an anderer Stelle veröffentlicht werden.

Meine Beobachtungen habe ich an zwei Plangittern von der Gitterkonstante, $E = 0{,}001761$ mm, von Rowland ausgeführt, wobei die Gitterfurchen, wie üblich, zur Einfallsebene senkrecht orientiert waren. Das einfallende Licht war monochromatisch und unter 45^0 zur Einfallsebene polarisiert. Gemessen habe ich sowohl die relative Phasenverzögerung δ der zu den Furchen parallel und normal schwingenden elektrischen Komponenten, wie auch das doppelte Azimut 2ψ des elektrischen Vektors, nachdem diese Phasenverzögerung kompensiert war. Bei der außerordentlichen Kleinheit der Gitterkonstante der Rowlandgitter kann eine Farbe bei festgehaltenem Einfallswinkel nur an wenigen Stellen beobachtet werden. Bisher wurde meistens bei wenigen Farben und variablem Einfallswinkel beobachtet, auch um der Dispersion der Metallkonstanten aus dem Wege zu gehen. Meine Messungen dagegen erstrecken sich bei unveränderlichen Einfallswinkeln in den Spektren verschiedener Ordnungen von $\lambda = 620\ \mu\mu$ und $668\ \mu\mu$ bis $\lambda = 347\ \mu\mu$ und fanden auf diese Weise bei allen möglichen Beugungswinkeln statt. Im sichtbaren Gebiet habe ich die Methode des Glimmerkompensators, im Ultraviolett die von Prof. Voigt angegebene und von seinen Schülern

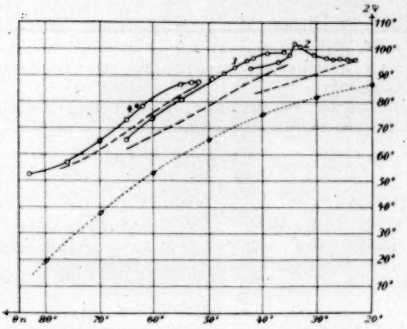

Fig. 1.

schon öfters benutzte und beschriebene photographische Methode angewandt. Das eine von den Gittern zeigte eine starke Dissymmetrie sowohl in bezug auf die Intensitätsverteilung, wie auch bezüglich der Polarisation. Bei senkrechter Inzidenz war das gebeugte Licht an einer bestimmten Stelle sogar merklich depolarisiert. Intensitätsmessungen habe ich nicht angestellt, aber die Dissymmetrie war mit bloßem Auge deutlich zu erkennen und außerdem übertrafen die bei der Photographie nötigen Belichtungszeiten auf der einen Seite zwei- bis dreifach diejenigen der entsprechenden Stellen der anderen Seite des Gitters. Das zweite Gitter lieferte ausnahmslos regelmäßig polarisiertes Licht und es wurde auch sowohl in bezug auf Intensitätsverteilung, wie der Polarisation als ziemlich symmetrisch befunden. Vereinzelte Dissymmetrien in der Polarisation habe ich allerdings auch bei diesem zweiten Gitter konstatiert; aber größere befinden sich nur in den Spektra erster und zweiter Ordnung. Die nachstehend

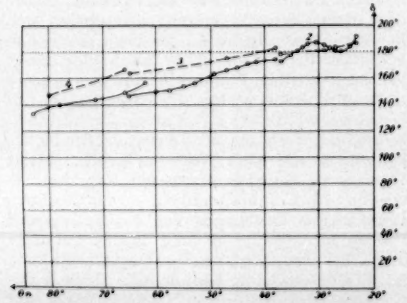

Fig. 2.

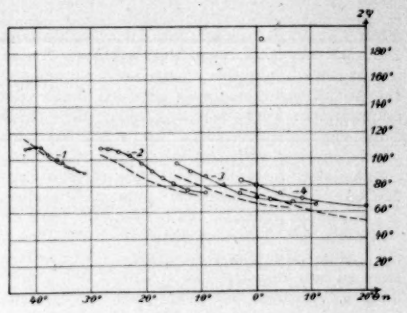

Fig. 3.

mitgeteilten Messungen wurden an diesem Gitter ausgeführt.

Die ausgezogene Kurve in Fig. 1 zeigt den Verlauf der Werte von 2ψ von der einen Seite des Gitters herrührend bei senkrechter Inzidenz als Funktion des Beugungswinkels Θ_n, diejenige in Fig. 2 den Verlauf von δ. Die ausgezogenen Kurven in Fig. 3 und 4 zeigen das entsprechende bei einem Einfallswinel $\Theta = 60^0$.

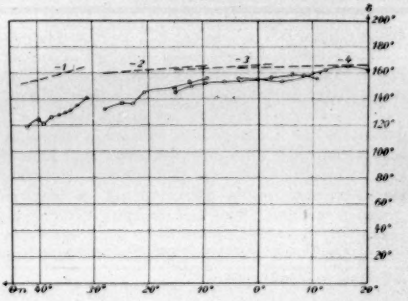

Fig. 4.

δ nimmt im allgemeinen mit zunehmendem Beugungswinkel ab, während 2ψ abnimmt, wenn man sich von der Richtung des direkt reflektierten Strahles entfernt.

Die Beobachtungen wurden zunächst mit der Theorie von Lord Rayleigh[1]) verglichen, welcher die beschränkenden Annahmen zugrunde liegen, daß das Gittermaterial ein vollkommen reflektierendes Metall ($n = \infty$) ist und daß die Tiefe der Furchen klein ist gegen die Lichtwellenlänge. Das Verhältnis von Gitterkonstante

1) Lord Rayleigh, Roy. Soc. Proc. **79**, 399, 1907.

und Lichtwellenlänge kann dagegen beliebig sein. Die Vergleichung zeigte keine befriedigende Übereinstimmnng der Theorie mit den Beobachtungen.

Herr Prof. Voigt[1]) erweiterte daher diese Theorie, indem er die Annahme der vollkommenen Reflexion fallen ließ. Seine Rechnung gibt für die (komplexen) Amplituden der parallel und normal zu den Furchen schwingenden elektrischen Komponenten die Ausdrücke

$$\mathfrak{R}_k' = -\frac{2\,\mathfrak{E}\gamma(\mathfrak{n}-\gamma)}{(\mathfrak{n}+\gamma_k)}\,(i\mu\zeta_k - \mu^2[\Sigma]\gamma_h\zeta_h\zeta_g)$$

und

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{R}_k = \frac{2\,\mu\mathfrak{n}^2\gamma\mathfrak{E}}{(\mathfrak{n}\gamma+1)(\mathfrak{n}\gamma_k+1)}\Big\{ & i(1 \\ & - a a_k)\,\zeta_k - \mu(\Sigma)(\mathfrak{n}[\gamma_h{}^2 - g l a_h] \\ & + \gamma_h)(1 - a a_h)\,\frac{\zeta_h\zeta_g}{\mathfrak{n}\gamma_k+1}\Big\}.\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Dabei bedeuten: k die Ordnungszahl des Spektrums, die ζ_k die Koeffizienten in der Fourierschen Reihenentwicklung

$$z = S\zeta_k e^{ikpx},\quad k \text{ von } -\infty \text{ bis } +\infty,$$

des Gitterprofils, also

$$\left.\begin{aligned}\zeta_k = \frac{1}{2}(c_k - i s_k),\quad \zeta_{-k} = \frac{1}{2}(c_k + i s_k),\\ \text{aber } \zeta_0 = o,\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

$\mathfrak{E}$ die einfallende Amplitude,

$$\mu = \frac{2\pi}{\lambda},\quad p = \frac{2\pi}{E},\quad p = \mu l,$$

λ die Lichtwellenlänge, γ den Kosinus, a den Sinus des Einfallswinkels, Θ, γ_k und a_k diejenigen des h-ten Beugungswinkels Θ_k, und schließlich $\mathfrak{n} = n(1 - i\varkappa)$ den komplexen Brechungsindex. Die Summe (Σ) ist dabei zu erstrecken über alle Wertsysteme (h, g), welche den Bedingungen

$$h + g = k$$

$$\sin\Theta_h - \sin\Theta = \frac{h\lambda}{E},\quad -1 < \sin\Theta_h < 1,$$

genügen, wobei E die Gitterkonstante bedeutet. Für $\mathfrak{n} = \infty$ erhält man aus (1) die Rayleighschen Formeln. Das Gitterprofil ist nun unbekannt, wir setzen es aber gemäß den oben zitierten Beobachtungen als merklich symmetrisch voraus, also

$$\zeta_k = \zeta_{-k} = \frac{1}{2}c_k.$$

Begnügt man sich mit Formeln erster Annäherung, d. h. streicht man die Summen (Σ), welche in den $\zeta - s$ zweiter Ordnung sind, so fallen die zurückbleibenden ζ_k aus den Ausdrücken für tg δ und tg ψ heraus. Verfährt man auf diese Weise mit den Rayleighschen Formeln und berechnet dann aus ihnen δ und 2ψ, so erhält man bei senkrechter Inzidenz die Kurven, die in Fig. 1 und 2 punktiert gezeichnet sind. Der qualitativ ähnliche Verlauf bei 2ψ ist unverkennbar, für δ dagegen ergeben die Rayleighschen Formeln den konstanten Wert von 0° resp. 180°.

Eben diese Resultate haben Herrn Prof. Voigt bewogen, die oben erwähnte Erweiterung der Theorie vorzunehmen. Seine Formeln fordern eine Kenntnis von n und $\varkappa$ als Funktion der Wellenlänge. Diese wurde durch Reflexionsbeobachtungen am polierten Rande des Gitters verschafft und die Fig. 5 zeigt die so erhaltenen

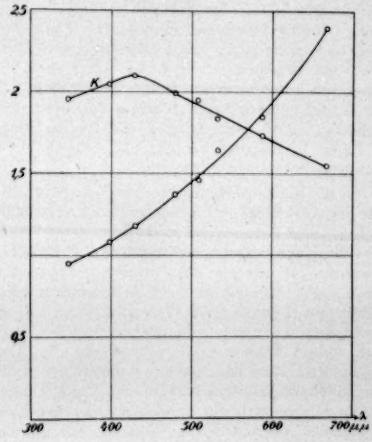

Fig. 5.

Werte von n und $\varkappa$ als Funktionen der Wellenlänge. Geht man mit diesen Werten von n und $\varkappa$ in die Voigtschen Formeln erster Annäherung ein, so erhält man für δ und 2ψ die gestrichelten Kurven der Figuren 1—4. Man kann die so erzielte Übereinstimmung bei 2ψ als eine ziemlich gute bezeichnen, besonders, wenn man die immerhin etwas problematische Annahme der Kleinheit der Tiefe der Gitterfurchen gegen die Wellenlänge des Lichtes in Betracht zieht. Bei δ ist die Übereinstimmung besonders bei großen Beugungswinkeln nicht so gut, immerhin ist der Fortschritt, welchen die Voigtschen Formeln gegenüber den Rayleighschen gleicher Annäherung bedeuten, gerade hier recht deutlich zu erkennen. Dabei steckt in diesen Formeln, wie schon oben

1) W. Voigt, Göttinger Nachr. 1911.

erwähnt, keine aus den Beobachtungen zu bestimmende Konstante.

Eine Prüfung der Theorie durch die Formeln zweiter Annäherung bietet Schwierigkeiten, da sich das Profil der Furche bei der Kleinheit derselben durch direkte Beobachtung nicht bestimmen läßt. Eine mikroskopische Beobachtung des Gitters gibt über nichts anderes Auskunft, als das Verhältnis der Breite der Furche zu dem Abstand von den Nachbarfurchen — ein Parameter von immerhin für die Verwertung der Theorie beträchtlicher, aber leider nicht entscheidender Bedeutung. Ich habe die Berechnungen in einem bestimmten Falle (Spec. zweiter Ordnung, bei senkrechter Inzidenz) für ein nach Plausibilität hypothetisch angenommenes Furchenprofil mit den Formeln zweiter Annäherung durchgeführt, wobei ich die Tiefe der Furche variiert habe. Die so berechneten Kurven sind im allgemeinen gegen die erster Annäherung um einen geringen Betrag in der Richtung nach den beobachteten Kurven hin bloß verschoben. Auf diese Fragen soll in der endgültigen Publikation ausführlicher eingegangen werden.

Daß manche Metallgitter in bezug auf Intensitätsverteilung sich dissymmetrisch verhalten, wurde schon von J. Fröhlich[1]) gelegentlich ausführlicher Messungen über dieses Problem bemerkt. In neuester Zeit wurde die Frage der Intensitätsverteilung in ihrer Abhängigkeit vom Gitterprofil von R. W. Wood und A. Trowbridge[2]) nach einer sinnreichen Methode und mit gutem Erfolg in Angriff genommen. Die genannten Forscher haben dabei Gitter mit geradlinigen Profilen konstruiert, welche einen großen Prozentsatz der Energie in einem einzigen Spektrum konzentrierten. Am ausgeprägtesten tritt diese Eigenschaft bei Nr. 8 der von ihnen untersuchten Gitter mit der Konstanten 0,0123 mm auf, bei welchem für $\lambda = 0{,}0043$ mm 70 Proz. der Gesamtenergie im Spektrum erster Ordnung links enthalten ist, während dem Spektrum erster Ordnung rechts nur 8 Proz. zufällt, so daß das Intensitätsverhältnis der beiden Spektren 8,7 beträgt. Mit demselben Gitter beobachtete Wood bei $\lambda = 0{,}0086$ mm für das zentrale Bild eine Intensität von 66 Proz. und für das Spektrum erster Ordnung links 34 Proz. Auch diesen Fall habe ich der theoretischen Berechnung unterworfen.

Fernrohr und Kollimator standen bei diesen Beobachtungen fest unter einem Winkel von 29—30° und das zu untersuchende Gitter wurde gedreht. Als Gesamtenergie wurde dabei die Summe der Energiemengen bezeichnet, welche durch Drehung des Gitters bei konstantem λ nach und nach auf den Bolometerstreifen fielen. Auf diese Weise stammen die einzelnen Anteile, die den verschiedenen Spektren und dem zentralen Bilde entsprechen, von verschiedenen Einfallswinkeln her und das bringt bei der Vergleichung mit der Theorie eine gewisse Komplikation mit sich, da die Theorie sich zunächst in Prozenten der bei einem festen Einfallswinkel einfallenden Energie ausdrückt. So muß man sich schon aus dem Grunde bei der Vergleichung auf Intensitätsverhältnisse beschränken.

Leider ist aus dem Protokoll nicht zu ersehen, was unter links und rechts verstanden werden soll. Nach dem im Phil. Mag.[1]) mitgeteilten Grundriß des Apparates, wie auch nach der Tafel der Spektren kann nach obiger Bezeichnung das intensive Spektrum sowohl dasjenige + 1 ter, wie auch — 1 ter Ordnung gewesen sein, je nachdem man das Gitter in einer bestimmten Lage betrachtet hat, oder in der anderen, welche aus der ersten entsteht, wenn man das Gitter um 180° in seiner Ebene dreht. Um also zu sehen, inwiefern die oben zitierten Theorien von dieser Erscheinung Rechenschaft geben, mußte ich die Berechnung für beide Fälle durchführen.

Bei allen derartigen Überlegungen kommt natürlich in Betracht, daß die eine der fundamentalen Annahmen der Rayleighschen Theorie, die auch Herr Prof. Voigt übernommen hat, nämlich die Kleinheit der Furchentiefe τ neben der Wellenlänge λ, in Wirklichkeit meist schlecht erfüllt ist. Man wird sich daher mit einer rohen Annäherung der Resultate der Theorie an diejenigen der Beobachtung zufrieden geben müssen.

Ganz besonders gewinnt diese Bemerkung bei der ersten der oben erwähnten Beobachtungen (für $\lambda = 0{,}0043$ mm) Bedeutung, wo $\tau/\lambda = {}^3/_8$ ist.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei der zweiten Beobachtung (für $\lambda = 0{,}0086$ mm), wo $\tau/\lambda = {}^3/_{16}$.

Der Rechnung ist das in Fig. 6 gezeichnete

Fig. 6.

Furchenprofil zugrunde gelegt. Im Woodschen

1) J. Fröhlich, Wied. Ann. 15, 587, 1882.
2) A. Trowbridge und R. W. Wood, diese Zeitschr. 11, 1161, 1910.

1) A. Trowbridge, Phil. Mag. (6) 20, 768, 1910.

Protokoll ist nur der eine Winkel (8°) angegeben, ich habe den anderen zu ungefähr 44° angenommen, da die beiden Winkel bei allen anderen mit dem Karborundkristall geritzten Gittern ungefähr die Summe 52° besitzen. Da es sich ja nur um mehr qualitative Schlüsse handelt, so habe ich der Einfachheit halber die Rayleighschen Formeln benutzt, um so mehr, als man nach den Beobachtungen von A. Trowbridge[1]), Rubens und Hagen[2]) für diese großen Wellenlängen bei Gold der vollkommenen Reflexion tatsächlich sehr nahe kommt.

Macht man nun die Annahme, daß das intensivere Spektrum — 1ter Ordnung ist, so erhält man bei $\lambda = 0{,}0043$ mm für das Intensitätsverhältnis

$$\frac{J_{-1}}{J_{+1}} = 6{,}6\,,$$

im entgegengesetzten Falle

$$\frac{J_{+1}}{J_{-1}} = 9{,}7\,.$$

Wie gesagt, können diese berechneten Werte nicht als ganz sichergestellt gelten wegen der Größe von τ/λ, doch glaube ich aus ihnen schließen zu können, daß das intensive Spektrum dasjenige + 1ter Ordnung war.

Bei den Quarzreststrahlen von $\lambda = 0{,}0086$ mm habe ich für die Intensität des zentralen Bildes berechnet $J_Z = 68{,}6$ Proz., für diejenige des Spektrums erster Ordnung links $J_{-1} = 27$ Proz., also

$$\frac{J_Z}{J_{-1}} = 2{,}5\,,$$

während nach Wood sich dafür 2 ergibt. Hält man an der Annahme fest, daß bei $\lambda = 0{,}0043$ mm das intensive Spektrum + 1ter Ordnung ist, so ergibt sich aus der von Wood mitgeteilten Spektraltafel, daß das Spektrum erster Ordnung links für $\lambda = 0{,}0086$ mm ein Spektrum — 1ter Ordnung, bei einem Einfallswinkel von ungefähr $-7{,}5°$ ist.

Die zur Berechnung der Intensität des zentralen Bildes verwandten Formeln der Theorie, die also die Amplituden des von der gefurchten Fläche direkt reflektierten Lichtes liefern, lauten (für $n = \infty$) bei Beibehaltung der obigen Bezeichnungen folgendermaßen:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{R}' &= -\,\mathfrak{E}'\,[1 - 2\,\mu^2\,\gamma\,(S)\,\zeta_\lambda\,\zeta_{-\lambda}\,\gamma_\lambda] \\ &\text{für die elektrische Komponente parallel den Furchen, und} \\ \mathfrak{R}\gamma &= \mathfrak{E}\left[\gamma - 2\,\mu^2\,(S)\,\zeta_\lambda\,\zeta_{-\lambda}\,\frac{(1 - \alpha\,\alpha_\lambda)^2}{\gamma_\lambda}\right] \\ &\text{für diejenige senkrecht zu den Furchen.} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

1) A. Trowbridge, Wied. Ann. **65**, 618, 1898.
2) Rubens und Hagen, Ann. d. Phys. **11**, 1903.

Wie aus (2) und (3) ersichtlich ist, treten in den Formeln (3) die Koeffizienten der Sinusglieder der Fourierreihe des Gitterprofils nur quadratisch auf. Das sagt aus, daß die von den beiden Seiten eines unsymmetrischen Gitters herrührenden, direkt reflektierten Wellen trotz der Dissymmetrie des Gitterprofils sowohl in ihrer Intensität, wie in ihrem Polarisationszustand symmetrisch sein müssen, wenigstens bis zu dem Grade der Genauigkeit, bis zu welchem die Formeln zweiter Annäherung der Theorie reichen. Die Intensitätsmessungen von J. Fröhlich[1]) an einem dissymmetrischen Gitter zeigen, daß diese Forderung der Theorie sich in ziemlich guter Übereinstimmung mit der Erfahrung befindet. Die Messungen, die ich an dem im Anfang erwähnten unsymmetrischen Gitter ausführte, haben gezeigt, daß man dasselbe vom Polarisationszustand sagen kann.

1) J. Fröhlich, l. c.

Göttingen, Physikalisches Institut, 2. März 1911.

(Eingegangen 4. März 1911).

Über die Turbulenzreibung verschiedener Flüssigkeiten.

(Bemerkung zu der Arbeit von Frau Margrete Bose und Herrn E. Bose.)

Von Th. v. Kármán.

In einer in dieser Zeitschrift **12**, 126, 1911 veröffentlichten Arbeit teilten Frau M. Bose und Herr E. Bose interessante Beobachtungen über die Zähigkeit verschiedener Flüssigkeiten im hydraulischen (turbulenten) Strömungszustande mit. Auf Grund ihres Versuchsmaterials gelangen die Verfasser — ebenso wie Herr Bose und Herr Rauert in einer früheren Mitteilung — zu der Auffassung, daß die Flüssigkeiten in dem geordneten (Poiseuilleschen) und in dem turbulenten (hydraulischen) Strömungszustande verschiedene Zähigkeitskonstanten besitzen; so ist z. B. Alkohol im Poiseuilleschen Zustande zähflüssiger als Wasser, während es bei turbulenter Strömung scheinbar dünnflüssiger ist. Nun scheint es mir, die Verfasser haben es übersehen, daß dieses Verhalten der verschiedenen Flüssigkeiten eine natürliche Folge der mechanischen Ähnlichkeitsgesetze ist und daß die von ihnen eingeführte „spezifische Zähigkeit im turbulenten Zustande“ auf Grund einer einfachen Ähnlichkeitsbetrachtung aus der im Poiseuilleschen Zustande gemessenen Zähig-

keitskonstante und aus der Dichte berechnet werden kann, sobald die Abhängigkeit der Ausflußzeit (oder Ausflußgeschwindigkeit) von dem Triebdruck experimentell festgelegt ist.

In der Tat folgert man unmittelbar aus der allgemeinen hydrodynamischen Differentialgleichung:

$$\varrho\frac{\partial u}{\partial t}+\varrho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right)=-\frac{\partial p}{\partial x}+\eta\Delta u$$

usw. (u, v, w die Geschwindigkeitskomponenten, ϱ die Dichte, p der Druck, η die Zähigkeitskonstante), daß bei derselben geometrischen Anordnung, d. h. bei Benutzung desselben Apparates die mechanische Ähnlichkeit bewahrt bleibt, falls die Größen

$$\frac{\varrho}{l^2},\quad p,\quad \frac{\eta}{t}$$

in demselben Verhältnis geändert werden. Der Ausflußvorgang verläuft daher in unserem Falle im mechanischen Sinne ähnlich, wenn die Größen

$$\frac{\varrho}{z^2},\quad p,\quad \frac{\eta}{z}$$

(z die Ausflußzeit für eine bestimmte Flüssigkeitsmenge, p der Triebdruck) in demselben Verhältnis stehen. Setzt man nun nach den Boseschen Versuchen

$$-\log z = A_t + B_t \log p$$

und

$$10^{-A_t} = a,$$
$$B_t = n,$$

so wird

$$z = \frac{a}{p^n}.$$

Als „spezifische Zähigkeit im turbulenten Zustande" wird die Verhältniszahl

$$\zeta_T = \frac{\sigma_s}{\sigma_w}$$

betrachtet, wobei die Indizes die für eine beliebige beobachtete Substanz und die für Wasser charakteristischen Größen andeuten sollen. Nun ist offenbar

$$\zeta_T = \frac{\sigma_s}{\sigma_w} = \frac{z_s'}{z_w}\left(\frac{p_s}{p_w}\right)^n;$$

Betrachten wir aber mechanisch ähnliche Vorgänge, so gelten nach den oben erwähnten Ähnlichkeitsregeln die Beziehungen

$$\frac{z_s}{z_w} = \frac{\varrho_s}{\varrho_w}\frac{\eta_w}{\eta_s}$$
$$\frac{p_s}{p_w} = \frac{\eta_s}{\eta_w}\frac{z_w}{z_s}\left(\frac{\eta_s}{\eta_w}\right)^2\frac{\varrho_w}{\varrho_s}$$

und wir erhalten

$$\zeta_T = \left(\frac{\varrho_s}{\varrho_w}\right)^{1-n}\left(\frac{\eta_s}{\eta_w}\right)^{2n-1}.$$

Setzen wir noch

$$\frac{\eta_s}{\eta_w} = \zeta_P,$$

d. h. gleich der spezifischen Zähigkeitskonstante im Poiseuilleschen Zustande, so erhalten wir die Gleichung:

$$\zeta_T = \zeta_P^{2n-1}\left(\frac{\varrho_s}{\varrho_w}\right)^{1-n}.$$

Nach den Boseschen Beobachtungen kann man in erster Annäherung im Mittel für sämtliche Flüssigkeiten $n = 0{,}6173$ setzen; mit diesem Werte ergibt sich die nachstehende Zahlentafel, als Vergleich für die berechneten und beobachteten Werte der Zähigkeit im turbulenten Strömungszustande ζ_T.

Flüssigkeit	ζ_P	ζ_T gemessen	ζ_T berechnet
Äthylalkohol . . .	1,150	0,942	0,944
Äthylazetat	0,766	0,891	0,900
Benzol	0,585	0,875	0,844
Toluol	0,555	0,842	0,833
Azeton	0,291	0,699	0,685
Chloroform	0,500	1,016	0,991
Bromoform	1,832	1,717	1,723
Quecksilber . . .	1,408	2,920	2,937

Berücksichtigt man, daß der Exponent n einen rohen Mittelwert für sämtliche Flüssigkeiten bedeutet, so muß die Übereinstimmung als eine überraschend gute[2]) bezeichnet werden (sie ist noch mehr zufriedenstellend, wenn man die „Turbulenzgerade" nach den Boseschen Ausgleichrechnungen durch die „Wendetangente" ersetzt), dank der Exaktheit der Boseschen Messungen. Man kann daher als sicheres Ergebnis feststellen, daß man keinen Grund hat, von verschiedener Zähigkeit der Flüssigkeiten im Poiseuilleschen und im turbulenten Zustande zu sprechen, daß vielmehr die scheinbare relative Zähigkeit bei turbulenter Strömung durch die Poiseuillesche Konstante und die Dichte völlig bestimmt ist.

1) Die oben stehende Betrachtung ist ganz analog der Reynoldschen Betrachtung über den „Flüssigkeitswiderstand" bei Strömungen in Röhren. Für den Flüssigkeitswiderstand gilt allgemein die Formel $W = \eta U f\left(\frac{U\varrho}{\eta}\right)$; ebenso kann man in unserem Falle schreiben $z = \frac{\eta}{p} g\left(\frac{p\varrho}{\eta^2}\right)$, woraus unser Resultat unmittelbar folgt.

2) Bei Benzol beträgt die Abweichung allerdings 3,9 v. H.; es ist jedoch interessant, daß das Reynoldsche Kriterium für die kritische Geschwindigkeit (diese Zeitschr. **12**, 128, 1911) ebenfalls für Benzol die größte Abweichung liefert, so daß die Vermutung nahe liegt, daß der Wert der Zähigkeitskonstante ζ_P für Benzol nicht ganz richtig bestimmt ist.

(Eingegangen 8. März 1911.)

Der Wärmeübergang in Rohrleitungen [1]).

Von Wilhelm Nusselt.

Die Wärmeübergangszahl ist die Wärmemenge, die in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit eines Körpers an eine daran grenzende Flüssigkeit abgegeben wird, wenn der Temperaturunterschied zwischen der Oberflächentemperatur und der mittleren Temperatur der über der Fläche befindlichen Flüssigkeitsschicht 1^0 beträgt. Diese Zahl ist für wärmetechnische Fragen von großer Bedeutung und war wenig systematisch durchforscht. Die nachfolgend beschriebenen Versuche behandelten das Problem für ein durch ein gerades zylindrisches Rohr strömendes Gas.

Nach obiger Definition ist die von einem Oberflächenelement dF der Rohrwand von der Temperatur T_0 an die strömende Flüssigkeit von der mittleren Temperatur T_m in der Zeiteinheit übergeführte Wärme

$$Q = \alpha \cdot (T_0 - T_m) \cdot dF.$$

Diese Wärme ist anderseits nach dem Grundgesetz der Wärmeleitung

$$Q = -\lambda_{\text{Wand}} \frac{\partial T}{\partial \nu} \cdot dF,$$

wenn λ_{Wand} die Wärmeleitzahl der Flüssigkeit bei der Temperatur T_0 der Rohrwand und ν die nach der Flüssigkeit gerichtete Normale im Flächenelement ist.

Das Gleichsetzen beider Ausdrücke gibt für die Wärmeübergangszahl die Gleichung

$$\alpha = -\frac{\lambda_{\text{Wand}} \frac{\partial T}{\partial \nu}}{T_0 - T_m}.$$

Die Wärmeübergangszahl ist also proportional dem Temperaturgefälle an der Rohrwand. Die Temperaturverteilung im Rohr muß die Differentialgleichung der Wärmeleitung für strömende Flüssigkeiten erfüllen, in der die Geschwindigkeitskomponenten der Strömung vorkommen, die durch die Stokesschen hydrodynamischen Gleichungen bedingt sind. Man ersieht aus diesen Gleichungen, daß das Temperaturgefälle und damit die Wärmeübergangszahl von dem Strömungsfeld bei ähnlicher Strömung, also von der mittleren Geschwindigkeit w, von der Dichte ϱ, der Wärmezahl λ, der Zähigkeit η, und der spezifischen Wärme c_p bei konstantem Druck der Flüssigkeit und vom Durchmesser d des Rohres abhängen wird. Die Versuche zeigen, daß sich diese Abhängigkeit durch ein Produkt von Potenzfunktionen mit den unabhängig Veränderlichen als Basis und mit konstanten Exponenten darstellen läßt. Setzt man demzufolge zunächst

$$\frac{\partial T}{\partial \nu} = b \cdot w^{n_1} d^{n_2} \varrho^{n_3} \lambda^{n_4} \eta^{n_5} c_p^{n_6} (T_m - T_0),$$

so folgt aus Dimensionsbetrachtungen, daß die Exponenten sich auf zwei unabhängige zurückführen lassen. Es muß sein

$$n_2 = n_1 - 1$$
$$n_3 = n_1$$
$$n_6 = -n_4$$
$$n_5 = -n_1 - n_4.$$

Damit wird die Gleichung für die Wärmeübergangszahl

$$\alpha = b \cdot \lambda_{\text{Wand}} \cdot \frac{w^{n_1} \varrho^{n_1} c_p^{n_4}}{d^{1-n_1} \lambda^{n_4} \eta^{n_1 - n_4}}.$$

Wegen der hohen Zahl von Größen, von denen der Wärmeübergang in Rohren abhängt, beschränkte ich mich bei den Versuchen darauf, die einflußreichsten zu verändern. Ich ließ den Rohrdurchmesser und die Oberflächenbeschaffenheit unverändert, benutzte also für alle Versuche dasselbe Rohr. Unverändert auf 100^0 wurde auch die Oberfläche des Rohres gehalten, während die Temperatur des durch das Rohr strömenden Gases in geringen Grenzen geändert wurde. Es wurden Versuchsreihen mit Luft ausgeführt, deren Druck und Geschwindigkeit geändert wurden. Zur Festlegung des Einflusses der Wärmeleitfähigkeit auf den Wärmeübergang diente noch je eine Versuchsreihe mit Kohlensäure und Leuchtgas bei unverändertem Druck, aber veränderlicher Geschwindigkeit.

Die Versuchsanordnung ist durch die gestellte Aufgabe vollkommen gegeben. Die Rohrwand ist auf eine Temperatur T_0 zu bringen, die verschieden ist von der Eintrittstemperatur des durch das Rohr strömenden Gases. Zur Berechnung des Wärmeüberganges sind zu messen: die Temperatur der inneren Rohroberfläche, die längs eines meßbaren Rohrstückes an das Gas abgegebene Wärme, die mittlere Temperatur des Gases und seine mittlere Geschwindigkeit. Durch die Heizung des Rohres mit einem Dampfmantel wurde eine gleichmäßige Oberflächentemperatur erreicht, die nahe an der Sättigungstemperatur des Dampfes lag. Die übergehende Wärme wurde aus der Temperatursteigerung des Gases und der durch das Rohr strömenden Menge bestimmt.

Die Versuchseinrichtung [1]), siehe Fig. 1, bestand aus einem nahtlos gezogenen Messingrohr C von 22,01 mm innerem und 26 mm äußerem Durchmesser, in das die Luft durch das Rohr A ein- und B austrat. Die Druckluft wurde von dem dreistufigen Kompressor des Laboratoriums ge-

1) Der ausführliche Bericht ist in dem von dem Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen Forschungsheft abgedruckt.

1) Die Versuche wurden im Maschinenlaboratorium der Kgl. Sächs. Techn. Hochschule zu Dresden ausgeführt.

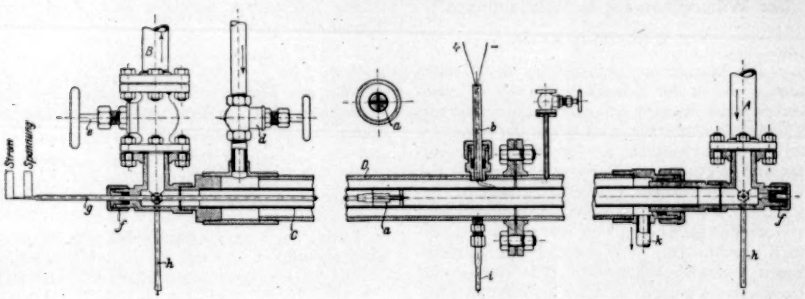

Fig. 1. Schnitt durch das Versuchsrohr.

liefert. Von ihm wurde die Luft in drei hintereinander geschaltete Windkessel gedrückt. Nach dem Durchgang durch die Kessel strömte die Luft durch eine Kühlschlange. Durch Änderung der Kühlwassermenge wurde die Eintrittstemperatur der Luft in das Versuchsrohr, das an den Kühler angeschlossen war, gleichbleibend geregelt. Am Ende des Versuchsrohres war ein Drosselventil e zur Regelung der Durchflußmenge angebracht. Nach dem Durchströmen einer weiteren Kühlvorrichtung, welche die erhitzte Luft auf Zimmertemperatur abkühlte, wurde die Gasmenge mit einer nassen Gasuhr gemessen. Über das Messingrohr war ein weites Gasrohr D geschoben, auf der einen Seite mit dem Messingrohr verschraubt und am andern Ende in einer Stopfbüchse geführt, um der verschiedenen Ausdehnung von Eisen und Messing Rechnung zu tragen. Der Zwischenraum zwischen beiden Rohren wurde mit Wasserdampf geheizt. Der Dampf wurde von einem Lokomobilkessel geliefert und trat nach dem Durchgang durch einen Wasserabscheider und ein Drosselventil d in den Mantel des Versuchsrohres ein. Mit einem bei i angeschlossenen Quecksilbermanometer wurde der Dampfdruck gemessen und durch das Drosselventil unveränderlich gehalten. Um den Dampfraum zu vergrößern und den Druck besser einregeln zu können, war bei k ein kleiner Kessel angeschaltet. Durch eine Kühlschlange trat das Kondensat aus.

Bei den Versuchen mit Leuchtgas wurde das Gas von einer kleinen Schieberluftpumpe aus der städtischen Leitung in das Rohr gepumpt und nach dem Durchgang durch die Gasuhr in einem Verbrennungsofen verbrannt.

Durch ein Differentialthermoelement, dessen Lötstellen im Rohrquerschnitt lagen — eine in der Rohrachse und die andre in der Nähe der Rohrwand —, war festgelegt worden, daß im Rohrquerschnitt Temperaturunterschiede bis zu 5° C bestanden. Um die mittlere Temperatur der Luft im Rohrquerschnitt zu messen, wurde der Draht eines Widerstandsthermometers gleichmäßig über den Rohrquerschnitt verteilt. Chemisch reiner Platindraht von 0,1 mm Durchmesser wurde auf die Stirnseite eines Glimmerkreuzes spiralförmig in vier Windungen gewickelt. Die Glimmerstreifen waren auf ein Kreuz von Vulkanfiber genietet, das auf das Ende eines 2 m langen Messingrohres g von 5 mm Durchmesser geschraubt war. Das Kreuz paßte in das Messingrohr C und zentrierte so das Widerstandsthermometer a. Das Messingröhrchen wurde am Ende des Versuchsrohres durch die Stopfbüchse f eingedichtet und darin verschoben, so daß mit dem Widerstandsthermometer die Temperatur an jeder Stelle des Versuchsrohres gemessen werden konnte. Durch eine am Messingrohr angebrachte Marke wurde die Lage des Widerstandsdrahtes im Rohr festgelegt. Die Strom- und Spannungsdrähte zur Messung des Widerstandes des Thermometers lagen isoliert in dem Messingröhrchen. Der Widerstand wurde nach der Kompensationsmethode gemessen.

Als Normalmaß bei der Eichung diente ein von O. Wolff geliefertes Normalwiderstandsthermometer, das von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an die Wasserstoffskala anschlossen worden war.

Das Widerstandsthermometer, das vor den Versuchen künstlich gestaltet wurde, hatte bei 0° 1,86950 Ω Widerstand.

Die Temperatur des Messingrohres wurde an seiner Außenseite durch ein angelötetes Thermoelement b aus Kupfer-Konstantandrähten gemessen.

Zur Messung des statischen Druckes im Rohr wurde bei Drücken über 3 at ein mit einem Quecksilbermanometer verglichenes Dop-

pelfederkontrollmanometer benutzt, das bei h angeschlossen war. Kleinere Drücke wurden mit den Quecksilbermanometern gemessen.

Die durch das Versuchsrohr strömende Gasmenge wurde mit nassen Gasuhren gemessen, die mit der 40 cbm fassenden Gasglocke des Laboratoriums geeicht worden waren.

Bei den Versuchen mit Kohlensäure und Leuchtgas wurde täglich eine dem Windkessel entnommene Probe nach dem Verfahren von Hempel analysiert.

Im Verlauf eines Versuchs wurden sämtliche Ablesungen alle 5 Minuten ausgeführt. Die Temperatur im Rohr wurde meist an zwei Stellen gemessen, an die abwechselnd das Widerstandsthermometer geschoben worden war. Die Versuchsdauer betrug 1—2 Stunden.

Es sei T_0 die äußere Oberflächentemperatur des Rohres, T_1 die mittlere Lufttemperatur an der ersten Meßstelle, T_2 die Temperatur im Abstand l von jener, V die Menge des in der Stunde durch die Vorrichtung strömenden Gases in cbm bei 1 at und 15° C, C_p die spezifische Wärme des Gases bei gleichbleibendem Druck für 1 cbm bei 15° und 1 at, r_i der innere und r_a der äußere Rohrdurchmesser und

$$\lambda = 55\,\mathrm{WE/st^{-1}\,m^{-1}\,Gr^{-1}}$$

die Wärmeleitzahl des Messings. Die gesuchte Wärmeleitzahl gibt dann die Gleichung

$$\alpha = \frac{1}{\dfrac{2 r_a \pi l}{V C_p \ln \dfrac{T_0 - T_1}{T_0 - T_2}} - \dfrac{r_a}{\lambda} \ln \dfrac{r_a}{r_i}}.$$

Bei der Besprechung der Versuchsergebnisse soll der Einfluß der geänderten Größen auf den Wärmeübergang gesondert betrachtet werden.

Die Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Geschwindigkeit.

In das Schaubild Fig. 2 sind die erhaltenen Werte der Versuche mit Druckluft eingetragen, in Fig. 3 und 4 die Versuchsreihen mit Kohlensäure und Leuchtgas. Die einzelnen Versuchsreihen wurden bei ungefähr gleichem mittleren Druck und gleicher mittlerer Temperatur ausgeführt. Wir entnehmen ihnen zunächst die schon bekannte starke Zunahme des Wärmeüberganges mit der Geschwindigkeit. Bei den Kurven geringen Druckes zerfällt der Verlauf in zwei Äste, die durch einen sanften Übergang aneinandergrenzen. Der Knick liegt bei der kritischen Geschwindigkeit, und wir sehen, daß durch die bei dieser Geschwindigkeit eintretende Änderung des Strömungsgesetzes im Rohr die Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der mittleren

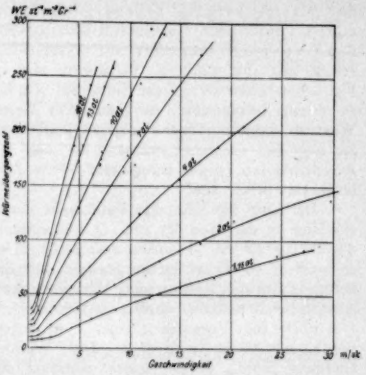

Fig. 2. Wärmeübergang an Druckluft.

Fig. 3. Wärmeübergang an Kohlensäure.

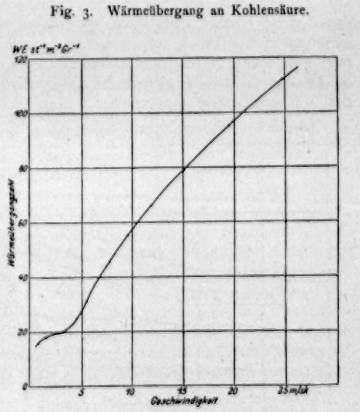

Fig. 4. Wärmeübergang an Leuchtgas.

Geschwindigkeit wesentlich beeinflußt wird. Bei der unter der kritischen Geschwindigkeit stattfindenden Parallelströmung der Flüssigkeitsteilchen ist

der Wärmeübergang nahezu unabhängig von der mittleren Geschwindigkeit, während er nach eingetretener Wirbelung stark mit ihr wächst. Verlängert man in Fig. 2 die beiden Zweige der Kurve bei 1 at bis zu ihrem Schnittpunkt, so kann man diesen Wert als kritische Geschwindigkeit betrachten. Sie liegt bei 2,0 m/sec, während die aus der Reynoldschen Formel berechneten Werte 1,60 bezw. 10,2 m/sec sind.

Die Luft trat aus dem Zuführrohr durch ein Knie in das Meßrohr ein; 15 cm entfernt davon lag die eine Temperaturmeßstelle. Um zu prüfen, ob diese Strecke genügte, um die heftige durch das Knie erzeugte Wirbelung zum Abklingen zu bringen, wurden die Versuche bei 1 at nach dem Vorschalten einer 2 m langen Beruhigungsstrecke wiederholt. Der Wärmeübergang wurde etwas kleiner, während die kritische Geschwindigkeit unverändert blieb.

Bei höheren Drücken, also größerer Dichte wurde die kritische Geschwindigkeit in umgekehrtem Verhältnis kleiner.

Die kritische Geschwindigkeit für Leuchtgas ergibt sich aus dem Versuch zu 4,0 m/sec.

Bei der Darstellung der Ergebnisse durch eine Formel wollen wir uns auf die Zustände oberhalb der kritischen Geschwindigkeit beschränken, die ja in praktischen Fällen meist vorliegen. Wir gehen von der Gleichung

$$\alpha = A w^m$$

aus. Läßt sich die gefundene Zahlenreihe durch diese Formel ausdrücken, so müssen die in einem Achsenkreuz aufgetragenen Logarithmen von α und w auf einer Geraden liegen.

In das Schaubild 5 sind die Logarithmen der Versuchspunkte eingetragen. Man sieht, daß sowohl über wie unter der kritischen Geschwindigkeit die Punkte ausgezeichnet auf einer Geraden liegen. Die Konstanten der Gleichung wurden nicht graphisch bestimmt, sondern nach dem Verfahren des Minimums der Summe der Fehlerquadrate berechnet. Die Dichte konnte für die Punkte einer Versuchsreihe nicht ganz gleich erhalten werden. Sie wurde auf die mittlere Dichte der Versuchsreihe nach der für die Abhängigkeit von der Dichte (bezogen auf Wasser = 1000) gefundenen Beziehung umgerechnet. Die Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 enthalten. Man ersieht daraus, daß der Exponent der Geschwindigkeit unabhängig von der Dichte und der Art des Gases ist.

Zahlentafel 1.

Stoff	Dichte	m	Anzahl der Versuche
Druckluft	1,273	0,798	8
„	2,146	0,749	11
„	4,366	0,784	8
„	7,861	0,773	8
„	11,12	0,798	12
„	14,66	0,799	5
„	17,56	0,765	5
Leuchtgas	0,509	0,799	7
Kohlensäure . . .	1,851	0,756	8

Aus den Versuchen mit Druckluft ergibt sich als Mittelwert

$$m = 0{,}7801.$$

Bei der Mittelwertbildung wurde jeder Wert mit der Anzahl der Versuche belastet.

Die Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Dichte.

Nach der Bestimmung des mittleren Ex-

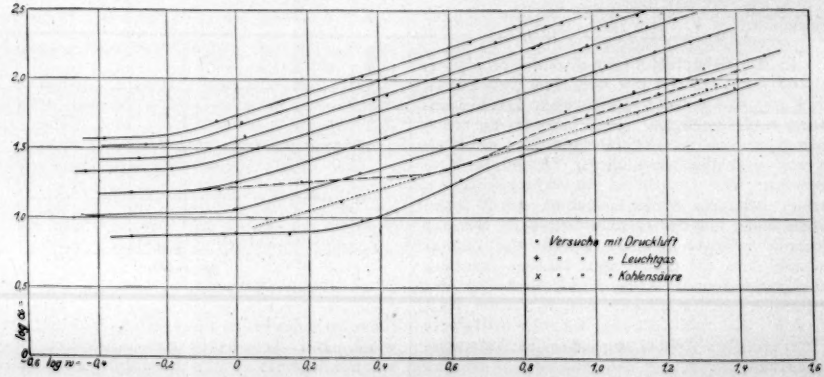

Fig. 5.

ponenten der Geschwindigkeitsfunktion wurden die Beiwerte A für jede Versuchsreihe berechnet, indem die Summe der Fehler von log α zu einem Minimum gemacht wurde.

Die Werte sind in Zahlentafel 2 enthalten.

Zahlentafel 2. Druckluft.

Dichte ϱ	Beiwert A
1,273	6,827
2,146	10,83
4,366	18,68
7,861	29,27
11,12	38,08
14,66	49,08
17,56	56,72

Trägt man A über der Dichte ϱ auf, Fig. 6, so erkennt man die starke Zunahme des

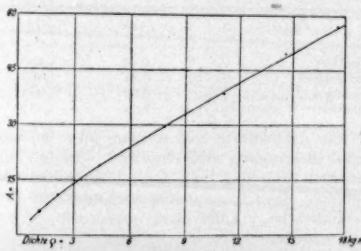

Fig. 6. Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Dichte der Druckluft.

Wärmeüberganges mit der Dichte der strömenden Flüssigkeit. Es liegt nahe zu versuchen, die Abhängigkeit der Größe A von ϱ ebenfalls als Potenzfunktion darzustellen. In Fig. 7 sind die Logarithmen beider Größen aufgetragen, die ausgezeichnet auf einer Geraden liegen. Nach der Methode der kleinsten Quadrate wurden die Konstanten berechnet.

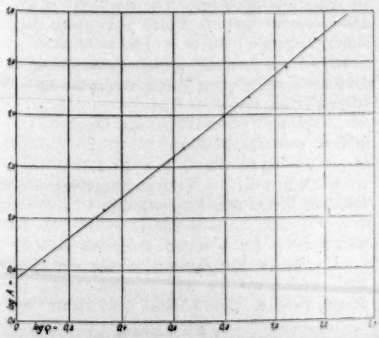

Fig. 7.

Man gelangt so zu folgender Formel für den Wärmeübergang an Druckluft:

$$\alpha = A w^m$$
$$A = B \varrho^n$$
$$n = 0{,}7936$$
$$B = 5{,}768$$

also

$$\alpha = 5{,}768\ \varrho^{0{,}7936}\ w^{0{,}7801}.$$

Die von der Theorie geforderte Gleichheit der Exponenten m und n wird also innerhalb der Versuchsgenauigkeit sehr gut bestätigt. Setzen wir demzufolge

$$\alpha = B (w\varrho)^n,$$

so liefert die Rechnung für die Konstanten die Zahlenwerte

$$B = 5{,}772 \text{ und } n = 0{,}7856,$$

und wir erhalten für den Wärmeübergang an Druckluft im Messingrohr die Gleichung

$$\alpha = 5{,}772\,(w\varrho)^{0{,}7856}$$

bei einer Mitteltemperatur der Luft von 35°.

Die Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der spezifischen Wärme, der Wärmeleitfähigkeit und der Zähigkeit.

Während wir uns zur Festlegung der Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Geschwindigkeit und der Dichte rein auf die Versuche stützten, müssen wir zur Bestimmung des Einflusses der Wärmeleitfähigkeit, der Zähigkeit und der spezifischen Wärme die am Anfang aufgestellte Formel zu Hilfe nehmen.

Zu den Versuchen über den Wärmeübergang an Druckluft, Leuchtgas und Kohlensäure seien noch Werte für den Wärmeübergang in einem Rohr an überhitzten Wasserdampf herangezogen, die ich aus den Versuchen von Knoblauch und Jakob zur Bestimmung der spezifischen Wärme des überhitzten Wasserdampfes[1]) berechnet habe. Die hieraus gewonnenen Übergangszahlen zeigen klar den Einfluß der Dichte und Geschwindigkeit. Mit Benutzung des von mir gefundenen Exponenten 0,786 ließen sich die Werte gut durch die Formel wiedergeben:

$$\alpha_{\text{überhitzter Wasserdampf}} = 10{,}79\,(w\varrho)^{0{,}786}.$$

Zahlentafel 3 enthält die für die verschiedenen Stoffe gefundenen Werte B.

1) Siehe Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1907, S. 81.

Zahlentafel 3.

Stoff	Beiwert B
Druckluft	5,772
Kohlensäure	4,774
Leuchtgas	15,45
Überhitzter Wasserdampf	10,79

Zu den weiteren Betrachtungen ist die Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit und der Zähigkeit der untersuchten Gase nötig.

Die kinetische Gastheorie liefert für Gase eine Beziehung zwischen der Wärmeleitfähigkeit, der Zähigkeit und der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen, die lautet:

$$\lambda = \varepsilon \eta c_v.$$

ε ist eine Konstante.

Für eine Reihe von Gasen sind die Veränderlichen dieser Gleichung[1]) bekannt. Berechnet man daraus ε, so ergibt sich eine angenäherte Konstanz von ε für Gase gleicher Atomzahl und Abnahme von ε mit zunehmender Atomzahl in folgender Weise:

Atomzahl	1	2	3	4	5	6
ε	2,50	1,74	1,51	1,23	1,28	1,24

ε ändert sich noch etwas mit der Temperatur, aber für verschiedene Gase nicht in gleichem Sinne.

Die Wärmeleitfähigkeit und die Zähigkeit sind bei allen Gasen unabhängig von Druck und nehmen mit der Temperatur zu. Für unsere Zwecke genügt eine lineare Interpolationsformel. Es sei

die Wärmeleitfähigkeit

$$\lambda = \lambda_0 (1 + \alpha t)\ \mathrm{WE/st^{-1}\,m^{-1}\,Gr^{-1}},$$

die Zähigkeit

$$\eta = \eta_0 (1 + \beta t)\ \mathrm{kg\,st\,m^{-2}}.$$

Die Zahlentafel 4 enthält für die untersuchten Gase diese Konstanten.

Zahlentafel 4.

Gas	$\lambda_0\, 10^4$	$\alpha\, 10^5$	$\eta_0\, 10^{12}$	$\beta\, 10^5$
Luft	189	228	489	303
Kohlensäure	121	385	398	343
Wasserdampf	192	434	255	443
Leuchtgas	506	300	420	300

Diese Werte bilden die Mittelwerte der vorhandenen Beobachtungen. Der Wert λ_0 für Wasserdampf ist nach obiger Gleichung berechnet, wobei für ε nach der angeführten Zahlenreihe zu 1,51 gesetzt wurde. Für Leuchtgas ist η_0 aus der bei unseren Versuchen beobachteten kritischen Geschwindigkeit berechnet worden. α und β mußten für Leuchtgas geschätzt werden.

Die Theorie gibt für den Wärmeübergang die Gleichung

$$\alpha = b \lambda_{\mathrm{Wand}} \left(\frac{w\varrho}{\eta}\right)^n \left(\frac{\eta c_p}{\lambda}\right)^m.$$

Es ist nun zu prüfen, ob sich die Ergebnisse in der Zahlentafel 4 durch diese Gleichung darstellen lassen. Es muß dann sein

$$B = \frac{b \lambda_{\mathrm{Wand}}}{\eta^n} \left(\frac{\eta c_p}{\lambda}\right)^m.$$

Setzt man die Zahlenwerte ein, so erhält man 4 Gleichungen von der Form

$$y = b x^m.$$

Zahlentafel 5 enthält die Zahlenwerte.

Zahlentafel 5.

Stoff	$x\, 10^9$	$y\, 10^5$
Druckluft	6,29	1,260
Kohlensäure	6,81	1,263
Leuchtgas	5,08	1,083
Überhitzter Wasserdampf	6,73	1,237

Die Zahlenwerte geben eine sehr befriedigende Bestätigung des Ansatzes. Infolge der geringen Änderung von x wird aber die Bestimmung des Exponenten m sehr unsicher. Die Veränderliche x kann man umformen, indem man einführt

$$x = \frac{c_p}{\varepsilon c_v} = \frac{\varkappa}{\varepsilon}.$$

$\varkappa$ und ε sind beide in gleichem Sinne und in geringem Grade von der Atomzahl abhängig, so daß die Unsicherheit in der Bestimmung des Exponenten aus den Versuchen praktisch ohne Einfluß ist. Wir wollen zur angenäherten Festlegung von m den Wärmeübergang an Wasser heranziehen. Die darüber vorliegenden Versuche liefern leider sehr weit auseinander liegende Werte. Die Versuche von Stanton scheinen die genauesten zu sein. Für die Konstanten unserer Versuchsanordnung liefert seine Formel für $w = 1$ m/sec

$$\alpha = 7800\ \mathrm{WE/st\ qm\ Grad}$$

und es wird für Wasser

$$y = 6320 \cdot 10^{-8},\quad x = 42{,}4 \cdot 10^{-9}.$$

Die durch diese 5 Wertepaare gelegte Potenzfunktion liefert den Exponenten

$$m = 0{,}85,$$

während wir für n 0,786 gefunden haben.

Da beide Exponenten wenig verschieden sind, wollen wir sie zur Vereinfachung gleich setzen, $m = n$. Die Formel geht dann über in

$$\alpha = b \lambda_{\mathrm{Wand}} \left(\frac{w\varrho c_p}{\lambda}\right)^n.$$

1) Die in der ausführlichen Arbeit mitgeteilten Zahlen sind Mittelwerte aus den vorhandenen Beobachtungen, die den Sammelwerken von Winkelmann und Landolt und Börnstein entnommen sind.

Unsere Versuche geben mit dieser Gleichung die in Zahlentafel 6 enthaltenen Werte für b.

Zahlentafel 6.

Medium	b
Druckluft	36,0
Leuchtgas	36,5
Kohlensäure	33,9
Überhitzter Wasserdampf	33,5

In Anbetracht der noch bestehenden Unsicherheit in der Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit der Gase ist die Übereinstimmung der Konstanten b sehr gut zu nennen. Wir wollen unserer Endformel die aus den Versuchen mit Druckluft sich ergebende Konstante zugrunde legen, da die meisten Versuche mit Luft ausgeführt wurden und ihre Wärmeleitzahl am genauesten bekannt ist.

Nach der am Anfang aufgestellten Beziehung muß der Wärmeübergang mit zunehmendem Rohrdurchmesser abnehmen, und zwar umgekehrt proportional der Potenz

$$d^{1-n} = d^{0,214}.$$

Führt man diese Abhängigkeit vom Durchmesser noch in die Formel ein, so erhält man für den Wärmeübergang in einem Rohre die neue Gleichung

$$\alpha = 15{,}90\,\frac{\lambda_{\text{Wand}}}{d^{0,214}}\left(\frac{w\,C_p}{\lambda}\right)^{0,786} \text{WE/st qm Grad},$$

worin zu setzen ist für:

w die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Gases im Rohr in m/sec,

C_p die spezifische Wärme des Gases in WE/cbm bei dem im Rohr herrschenden Druck und der dort vorhandenen mittleren Temperatur,

λ die Wärmeleitzahl des Gases bei der mittleren Gastemperatur in WE/st m Grad,

λ_{Wand} die Wärmeleitzahl des Gases bei der Temperatur der Rohrwand, d der innere Rohrdurchmesser in m.

Der Anwendung der Formel auf den Wärmeübergang an Flüssigkeiten, wofür sie sinngemäß auch gelten muß, steht unsere geringe Kenntnis der Wärmeleitzahl und ihrer Veränderlichkeit mit der Temperatur im Wege.

Der Druckabfall Δ für die Längeneinheit des Rohres läßt sich ebenso wie die Wärmeübergangszahl, durch das Produkt von Potenzfunktionen darstellen, wie die Versuche vieler Autoren gezeigt haben. Ist d der Rohrdurchmesser, ϱ die Dichte der strömenden Flüssigkeit, η deren Zähigkeit, so ist

$$\Delta = a \cdot \frac{w^n \varrho^{n-1} \eta^{2-n}}{d^{3-n}}.$$

Es wurde vermutet, daß zwischen diesem Exponenten und dem Exponent in der Formel für die Wärmeübergangszahl ein Zusammenhang besteht und deshalb der Druckabfall des Rohres gemessen. Das Rohr wurde mit drei Anbohrungen in $^1/_2$ m Abstand versehen, mit welchen die Druckdifferenz an der aufeinanderfolgenden Meßstelle mit Wassermanometern gemessen wurde.

Obgleich die erste Bohrung um das 50fache des Rohrdurchmessers von der Eintrittsmündung der Luft in das Versuchsrohr ablag, war der Druckabfall längs des Rohres noch nicht konstant, sondern nahm von der ersten Meßstrecke zur benachbarten ab. Diese Abnahme war aber für jede Geschwindigkeit prozentual die gleiche, so daß in der Gleichung nur das konstante Glied a abnahm, während der Exponent n für beide Meßstrecken derselbe blieb. Ist V das pro Stunde

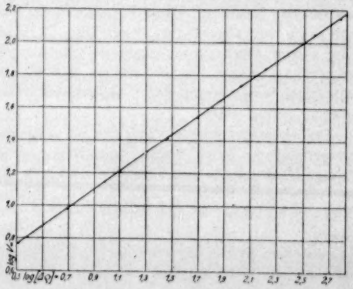

Fig. 8.

durch das Versuchsrohr strömende Flüssigkeitsvolumen umgerechnet auf 1 at und 15°, so wird nach obiger Gleichung

$$\Delta \cdot \varrho = C \cdot V^n.$$

C war für die ausgeführten Versuche konstant. In der Fig. 8 sind in einem rechtwinkligen Achsenkreuz $\log V$ und $\log(\Delta\varrho)$ für die Versuchspunkte aufgetragen. Sie liegen auf einer Geraden von der Neigung

$$n = 1{,}776.$$

Der Exponent für die Abhängigkeit des Wärmeüberganges von der Geschwindigkeit war

$$m = 0{,}786,$$

also ungefähr um 1 kleiner als n für den Druckabfall.

(Eingegangen 17. Februar 1911.)

Periodische Widerstandsänderungen feiner Metallfäden, die durch Wechselströme zum Glühen gebracht werden, sowie Ableitung ihrer thermischen Eigenschaften bei hoher Temperatur.
(Variazioni periodiche di resistenza dei filamenti metallici sottili resi incandescenti con correnti alternate e deduzione delle loro proprietà termiche a temperatura elevata.)

Von O. M. Corbino.

1. In einem wechselstromdurchflossenen Stromkreise zeigt sich das Vorhandensein eines Leiters, dessen Widerstand mit der Stromstärke veränderlich ist, durch eine Änderung des Gesetzes, nach welchem diese sich zeitlich entwickelt. Der Strom wird infolgedessen nicht mehr sinusförmigen Verlauf zeigen, selbst dann nicht, wenn dies das Gesetz für die Änderung der elektromotorischen Kraft ist. Diese Formänderung nun wird sich im allgemeinen durch die Überlagerung einiger Oberschwingungen über die Grundschwingung zeigen, welch letztere bei weitem vorwiegen wird, wenn die Widerstandsschwankungen gering sind.

Das oszillographische Verfahren ist in diesem letztgenannten Falle wenig brauchbar, denn geringe Änderungen der Stromform können dabei verborgen bleiben, und die eingeführten Oberschwingungen können schwer trennbar sein. Dagegen hat sich mir die Anwendung der Braunschen Röhre mit einer Art von Differentialspule als sehr nützlich erwiesen. Die Art ihrer Anwendung will ich sogleich beschreiben.

Auf die Röhre wirken, senkrecht zueinander, eine kleine Spule A und eine sehr große Spule B; letztere besteht aus zwei vollkommen identischen, getrennten Wickelungen; die Wickelung ist zu diesem Zwecke nicht mit einem einzigen Drahte ausgeführt worden, sondern mit zwei parallelen Drähten. Durch die eine der beiden Wickelungen fließt ein sinusförmiger Strom, der von der Leitung durch einen Ohmschen Widerstand abgezweigt ist. Durch die andere Wickelung geht der Strom, der den veränderlichen Widerstand durchlaufen hat. Der erstgenannte Strom durchfließt ferner die vorerwähnte kleine Spule A, während mittels einer in den anderen Stromkreis eingeschalteten zusätzlichen Selbstinduktion die Zeitkonstanten der beiden Stromkreise gleich gemacht werden.

Die große Spule B wird somit gleichzeitig von dem normalen Strome und von dem zu untersuchenden durchflossen. Diese beiden greifen in der Weise an, daß die Verschiebungen, die der Lichtkreis infolge der beiden Ströme erleidet, in entgegengesetztem Sinne erfolgen. Wenn demnach diese beiden Ströme irgendwie veränderlich, untereinander aber absolut identisch, sind, so bleibt das Lichtpünktchen in seiner Normallage in Ruhe. Unter diesen Verhältnissen ist die Wirkung eines der beiden Ströme allein auf die Röhre sehr stark, so stark, daß das Lichtpünktchen beim Maximum der Stromstärke vollständig von der Fluoreszenzscheibe fortgeht und auf die Glaswand fällt.

Wir wollen den normalen Strom im ersten Stromkreise mit

$$i = A \sin \omega t$$

bezeichnen; der Strom im zweiten Kreise sei

$$i' = A_1 \sin \omega t + B_1 \cos \omega t + A_2 \sin 2\,\omega t + B_2 \cos 2\,\omega t + \cdots,$$

wo, wenn der Stromverlauf wenig gestört ist, sämtliche Koeffizienten von B_1 an klein gegenüber A_1 sind.

Die vertikale Verschiebung des Lichtflecks wird infolge des gleichzeitigen Vorhandenseins beider Ströme durch

$$y = (A_1 - A) \sin \omega t + B_1 \cos \omega t + A_2 \sin 2\,\omega t + B_2 \cos 2\,\omega t + \cdots$$

gegeben sein, während die horizontale Verschiebung durch

$$x = K \sin \omega t$$

gegeben sein wird, wo K eine Konstante ist.

Es werden sich somit auf der Scheibe mehr oder minder komplizierte Kurven zeichnen; diese werden sich leicht photographieren lassen und in manchen Fällen einer einfachen Deutung zugänglich sein. Der praktische Erfolg des Verfahrens beruht darauf, daß, wenn man

$$A_1 = A$$

macht, wenn man also die stärkste Komponente von i' kompensiert, daß dann die Verschiebung y jede geringste Störung der Form des durch den veränderlichen Widerstand fließenden Stromes anzeigt.

2. Als Beweis für den Vorteil, den man aus der geschilderten einfachen Anordnung ziehen kann, will ich zunächst die Ergebnisse mitteilen, die man erhält, wenn der veränderliche Widerstand von einigen Metallfadenlampen gebildet wird. Diese Ergebnisse haben es mir möglich gemacht, einige der Schlußfolgerungen zu bestätigen, zu denen ich in einer früheren Arbeit über die thermischen Schwankungen wechselstromdurchflossener dünner Fäden[1]) gelangt war.

Es galt dabei zu beweisen, daß, wenn man mit W die mittlere im Drahte verausgabte Leistung bezeichnet, die nach einer unbestimmten Funktion $f(T)$ der absoluten Temperatur T emittiert wird, wenn man ferner mit c seine Wärmekapazität innerhalb der Grenzen bezeichnet, zwischen denen die Temperatur

1) O. M. Corbino, diese Zeitschr. 11, 413, 1910.

schwankt, und zwar in mechanischen Einheiten gemessen, weiter mit ϑ die von seiner mittleren Temperatur T_m an gemessene Temperatur des Drahtes, und wenn man

$$Q = af(T_m) + f'(T_m) = aW + \left(\frac{dW}{dt}\right)_{T_m}$$
$$= a\left[W + r_m \frac{dW}{dr}\right]$$

setzt, daß dann die Temperaturschwankungen sinusförmig verlaufen, und zwar so, daß, wenn die elektromotorische Kraft $e_0 \sin \omega t$ ist,

$$\vartheta = \Theta \cos(2\omega t - \varphi) \qquad (1)$$

wird, wo

$$\Theta = -W\frac{\cos\varphi}{Q} = -W\frac{\sin\varphi}{2c\omega} \qquad (2)$$

und

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{2c\omega}{Q} \qquad (3)$$

ist.

Die Verzögerung φ der Schwankungen von ϑ wird somit auf Grund der periodischen Änderungen der augenblicklichen Leistung w berechnet, die ihrerseits durch

$$w = W(1 - \cos 2\omega t)$$

gegeben ist.

Der augenblickliche Widerstand r wird mit dem mittleren Widerstande r_m durch die Beziehung

$$r = r_m(1 + a\vartheta) \qquad (4)$$

verbunden sein.

Die Formeln gestatten uns also, vorauszusagen, welche Änderung der Faden an der Stromform hervorrufen wird.

Die Stromstärke wird nämlich durch

$$i = \frac{e_0 \sin\omega t}{r_m(1 + a\vartheta)}$$

gegeben sein, oder, da $a\vartheta$ klein gegenüber 1 ist, durch

$$i = \frac{e_0 \sin\omega t}{r_m}[1 - a\Theta\cos(2\omega t - \varphi)],$$

woraus

$$i = \frac{e_0}{r_m}\left[\left(1 + \frac{a\Theta}{2}\cos\varphi\right)\sin\omega t - \frac{a\Theta}{2}\sin\varphi\cos\omega t - \frac{a\Theta}{2}\sin(3\omega t - \varphi)\right] \qquad (5)$$

folgt.

Wir haben also eine Komponente mit $\sin\omega t$ und zwei Komponenten von viel kleinerer Amplitude mit $\cos\omega t$ und $\sin(3\omega t - \varphi)$.

Dieser Strom fließt, wie erwähnt, durch die eine Wickelung der großen Differentialspule, während man durch die andere einen unabhängigen Strom mit $\sin\omega t$ schickt, dessen Stärke man regulieren kann. Man kann dann bewirken, daß die Wirkung der Komponente mit $\sin\omega t$ auf den Lichtfleck verschwindet. Es bleiben also nur die beiden übrigen Komponenten wirksam, abgesehen von der Horizontalverschiebung mit $\sin\omega t$, welche die kleine Spule hervorruft. Hierzu ist erforderlich, daß der Kompensationsstrom außerordentlich fein regulierbar ist.

Bei meinen Versuchen speiste die städtische elektromotorische Kraft von ungefähr 105 Volt und 42 Perioden 12 Osramlampen von 16 oder von 32 Kerzen Stärke. Die große Differentialspule hatte solche Abmessungen, daß sie mit nur einem der einander entgegenwirkenden Stromkreise (Widerstand $^2/_3$ Ohm, Selbstinduktion etwa 4 Millihenry) bei einem Gleichstrom von 150 Milliampere auf der Scheibe der Braunschen Röhre eine Verschiebung von 12 mm hervorbrachte, so daß der Höchststromstärke, die durch einen einzelnen der Stromkreise fließt, eine sehr große Ablenkung von mehr als 400 mm entsprechen würde.

Trotzdem ist, wenn man statt der Metallfadenlampen einen unveränderlichen Widerstand benutzt, die Kompensation vollkommen, und die Figur, die der Lichtkreis zeichnet, geht dann in eine horizontale Gerade über, als ob nur die kleine Spule A auf die Röhre wirkte. Mit den Lampen dagegen erhielt ich Ergebnisse, die vollkommen der Theorie entsprechen.

Wenn man den Kompensationsstrom immer stärker werden läßt, bis die Komponente mit $\sin\omega t$ in der Vertikalverschiebung y verschwindet, — was man daran erkennt, daß die Maxima von y in der rechten und in der linken Hälfte der Kurve sich gleich hoch erheben —, so zeigt die Kurve die in Fig. 1 wiedergegebene Gestalt. Der Ausgangspunkt der Achsen muß immer ein doppelter Punkt der Kurve sein, wenn die Zeitkonstanten der beiden Stromkreise gleich sind; denn nach welchem Gesetz auch immer r sich mit der Zeit ändern mag, der Strom muß gleich-

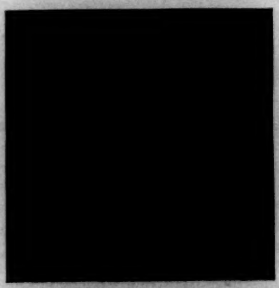

Fig. 1.

zeitig in beiden Kreisen zweimal in jeder Periode Null werden. Wir haben hierin ein ausgezeichnetes Kriterium zur Abgleichung eben dieser Zeitkonstanten. Wenn ich nun auch das Glied mit $\cos \omega t$ (mit Hilfe einer dritten kleinen Spule, die in passender Weise gespeist wurde) mehr und mehr kompensierte, so wurde der Ausschlag in der y-Richtung, der bereits im Vergleich zu den früheren Verhältnissen sehr klein war, noch kleiner; da nun in diesem Falle (wenn die Kompensation ausreichend war) nur die Komponente mit $\sin(3\omega t - \varphi)$ in vertikaler Richtung und die Horizontalverschiebung mit $\sin \omega t$ übrig blieben, so mußte ich die bekannte Lissajoussche Kurve für die orthogonale Zusammensetzung einer Schwingung mit ihrer zweiten Oberschwingung erhalten. Das Zeichen für die genaue Kompensation wird dadurch gegeben, daß die sechs Maxima von y zu je dreien auf zwei zur x-Achse parallele Geraden fallen. Die Fig. 2, die diesem Falle entspricht, bestätigt die Voraussage, und aus der erhaltenen Form ist noch weiter abzuleiten, daß φ sehr nahezu 90^0 ist.

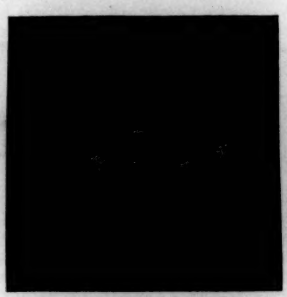

Fig. 2.

Infolgedessen ist die Amplitude der Komponente von y mit $\cos \omega t$, die nach Gleichung (5) durch

$$\frac{a\Theta}{2} \sin \varphi \frac{e_0}{r_m}$$

gegeben wird, sehr nahezu, praktisch sogar ganz gleich jener der Komponente mit $\sin(3\omega t - \varphi)$. Hierdurch erklärt es sich denn auch, warum man, ohne daß man diese Komponente kompensiert, die Kurve in 8-Form der Fig. 1 erhält, die der Kurve für die orthogonale Zusammensetzung einer Schwingung mit ihrer Oktave ähnelt, während sie in Wirklichkeit die Zusammensetzung der Grundschwingung mit $\sin \omega t$ und zweier Schwingungen von nahezu gleicher Amplitude mit $\cos \omega t$ und $\sin(3\omega t - \varphi)$ ist, wo φ nahezu gleich 90^0 ist.

Mit 32kerzigen Lampen erhielt ich Figuren, die den vorstehenden analog waren.

Hat man mit den beiden Kompensationsströmen die Isolierung der zweiten Oberschwingung in der Verschiebung y erreicht, ungefähr wie in Fig. 2, so kann man das Maß für $a\Theta$ erhalten. Zu diesem Zwecke braucht man nur auf dem Schirme die Amplitude dieser zweiten Oberschwingung auszuwerten[1]), sie durch Vergleichung mit der Verschiebung, die ein durch eine der Wickelungen der Differentialspule fließender Gleichstrom von bekannter Intensität hervorbringt, in Milliampere auszudrücken, und die Effektivstromstärke und somit die Maximalstromstärke auszurechnen, die den Wert von $\frac{e_0}{r_m}$ liefert.

Auf diese Weise erhielt ich (bei einer Klemmenspannung von 103 Volt):
$a\Theta = 0{,}0143 + 0{,}0006$ für die 32kerzig. Lampen,
$a\Theta' = 0{,}0207 + 0{,}0005$ für die 16kerzig. Lampen.

Diese Zahlen stellen nach Formel (4) das Maß für die größte Änderung des elektrischen Widerstandes des Fadens in den verschiedenen Phasen des Betriebsstromes dar; diese Änderung erfolgt mit einer Verzögerung von nahezu 90^0 gegen die Schwingungen der von dem Faden absorbierten Arbeit.

Unter Zugrundelegung des Wertes von a, den Ebeling[2]) für Metallfäden der Lampen dieser Gattung bestimmt hat, also des Wertes $\frac{1}{1500}$, mußte man sonach schließen, daß die Temperaturschwankungen eine Amplitude von ungefähr 10^0 bei den 32kerzigen Lampen und eine solche von ungefähr 15^0 bei den 16kerzigen haben. Es handelt sich demnach um sehr geringe Temperaturschwankungen, und nicht um solche von 250^0, wie sie Ebeling nach dem oszillographischen Verfahren für dieselben Lampen gefunden zu haben glaubte.

Viel schwerer wird eine genaue Berechnung von $\cos \varphi$, weil φ so nahe bei 90^0 liegt. In diesem Gebiete bringt vielmehr ein kleiner Fehler in der Bewertung von φ einen verhältnismäßig großen Fehler bei der Messung von $\cos \varphi$ mit

1) Die hier wiedergegebenen Photographien sind durch die zylindrische Wand der Röhre hindurch von der Vorderseite der Fluoreszenzscheibe aufgenommen worden. Wenn man den Kunstgriff anwendet, auf die Röhre in der Längsrichtung eine gleichstromdurchflossene Spule wirken zu lassen, so reduziert sich der kreisförmige Fleck auf einen sehr hellen Punkt, den ein deutlich von ihm getrennter Hof umgibt. Daher zeigt dann die Kurve einen sehr feinen inneren Streifen, der sehr genaue Einstellungen auf der Rückseite der in Millimeter geteilten Scheibe gestattet.

2) Ebeling, Ann. d. Phys. (4) **27**, 391, 1908.

sich, und deshalb ist die Benutzung der ersten Gleichung der Formel (2) wenig ratsam[1]).

Der Fehler hat dagegen wenig Einfluß auf den Wert von $\sin\varphi$, den man innerhalb der bei diesen Untersuchungen erreichten Annäherungsgrenzen gleich 1 setzen kann.

Wir können daher die zweite Gleichung der Formel (2) benutzen und darin

$$\sin\varphi = 1$$

setzen. Wir erhalten dann:

$$\frac{c}{a} = \frac{W}{2\omega a\vartheta}.$$

Daher wird denn für die 32kerzigen Lampen, — wo $\omega = 2\pi \cdot 42$ und $W = 103$ Volt $\cdot \frac{3,9}{12}$ Ampere ist —,

$$\frac{c}{a} = 4,4$$

und für die 16kerzigen Lampen, — wo $W = 103$ Volt $\cdot \frac{2,4}{12}$ Ampere ist —,

$$\frac{c'}{a'} = 1,9$$

sein.

Die beschriebenen Versuche[2]) gestatten mithin, das Verhältnis $\frac{c}{a}$ zwischen der Wärmekapazität und dem Temperaturkoeffizienten des Fadens bei der Betriebstemperatur abzuleiten. Diese Elemente sind beide einer direkten experimentellen Messung nicht zugänglich. Um von der Wärmekapazität c zu der spezifischen Wärme k — ausgedrückt in kleinen Kalorien — zu gelangen, braucht man nur die Masse M der Fäden zu kennen; diese wurde durch Wägung der Fäden nach vorsichtigem Zerbrechen der Birne bestimmt. Ich erhielt so für die Fäden der 32kerzigen Lampen:

$$M = 0,0097 \text{ g},$$

und für die der 16kerzigen Lampen:

$$M' = 0,0044 \text{ g}.$$

Folglich ist:

$$\frac{k}{a} = 108$$

und

$$\frac{k'}{a'} = 103.$$

Die Kenntnis des Wertes von a würde uns sonach gestatten, den Wert der spezifischen Wärme k bei der hohen Betriebstemperatur zu bestimmen. Unter Annahme des Wertes $\frac{1}{1500}$ für a, wie er sich aus den Messungen von Ebeling ableiten läßt, findet man beispielsweise

$$k = 0,072.$$

Es ist aber sicherlich vorsichtiger, wenn man zur unabhängigen Veränderlichen nicht die Temperatur wählt, sondern den spezifischen Widerstand. Dieses Verhältnis $\frac{k}{a}$ mißt in der Tat die Wärmemenge, die 1 Gramm des Fadens bei seiner Erwärmung absorbiert, dividiert durch die daraus folgende Änderung der Widerstandseinheit. Das gefundene Ergebnis sagt uns also folgendes aus:

Um den Faden bei der Betriebstemperatur um so viel zu erwärmen, daß sich sein Widerstand um ein Tausendstel ändert, ist für jedes Gramm seiner Masse ein Zehntel einer kleinen Kalorie erforderlich.

Außer der Bestätigung der oben angeführten Theorie liefern uns sonach die gewonnenen Ergebnisse bemerkenswerte Angaben über die thermischen Konstanten des Fadens, die bei dem gegenwärtigen Stande unserer experimentellen Hilfsmittel auf andere Weise nicht abgeleitet werden konnten.

Rom, Physikalisches Institut der Kgl. Universität.

(Nach den Korrekturbogen von Lincei Rendic. (1) **30**, 223—228, 1911 aus dem Italienischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 4. März 1911.)

1) Es sei noch erwähnt, daß, während für die erste Oberschwingung die beträchtliche Induktanz (4 Millihenry) jeder der Wickelungen der großen Spule gleichsam nicht vorhanden ist, da die beiden Stromkreise vollkommen gesperrt sind und von gleichen Strömen durchflossen werden, die gegenseitige Induktion also die Selbstinduktion der einzelnen Wickelung vernichtet, daß dies dagegen nicht für die zweite Oberschwingung gilt, die durch die eine Wickelung fließt und in der anderen einen Strom induziert, der nur einen Bruchteil von ihm beträgt und sich vektorial mit ihm zusammensetzt. Diesen induzierten Strom, der im Kompensationskreise fließt, mußte man berücksichtigen, um den oben berechneten Wert der Verschiebung zu korrigieren, denn er wirkt, indem er sich mit dem induzierenden Strom zusammensetzt, ebenfalls auf die Braunsche Röhre. Die Korrektion beträgt ungefähr $^1/_2$ v. H. und ist daher zu vernachlässigen. Dagegen kann der Fehler, den diese Ursache an dem gemessenen Werte von $\cos\varphi$ zur Folge hat, merklich sein.

2) Analoge Untersuchungen an Z-Lampen für 105 Volt und 32 Kerzen, die mit 102 Volt gespeist wurden, ergaben:

$$a\vartheta = 0,015;$$

$$\frac{c}{a} = 3,4.$$

Strahlung von Antennen.

(Mitteilung aus dem Kais. Telegraphen-Versuchsamt.)

Von C. Fischer.

§ 1. Die folgenden Ausführungen haben den Zweck, die Größe der Strahlung von Antennen

zu bestimmen. In einer früheren Arbeit[1]) habe ich gezeigt, wie man das Strahlungsdekrement und unter Kenntnis der Effektivwerte von Kapazität und Selbstinduktion auch den Strahlungswiderstand eines Luftleitergebildes mit Hilfe genauer Resonanzkurven messen kann. Die experimentellen Schwierigkeiten bei der Aufnahme genauer Resonanzkurven waren aber derartig, daß von weiteren Versuchen nach der dort angegebenen Kathode abgesehen werden mußte. Die folgenden Messungen sind deshalb auf einem andern Wege angestellt, der zwar nicht so genaue Resultate liefert (schätzungsweise 5 Proz. Fehler), dafür aber viel weniger Schwierigkeiten bietet und ein schnelleres Arbeiten ermöglicht.

I. Experimenteller Teil.

§ 2. Wir betrachten zunächst wieder, wie in der erwähnten Arbeit Antennen, wie sie von P. Drude[2]) des öfteren behandelt worden sind, d. h. im wesentlichen Spulen mit angehängten Endkapazitäten (Käfigantennen) (Fig. 1a). Solche

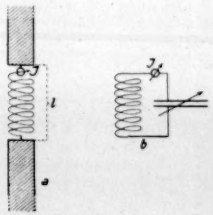

Fig. 1a u. b.

Systeme haben den Vorteil, daß man die Luftleiter fast ausschließlich als einen offenen Kondensator ansehen kann, während das magnetische Feld wesentlich auf die nächste Umgebung der Spule konzentriert ist. Unter diesen Voraussetzungen kann man dann, wie in oben erwähnter Arbeit ausführlicher gezeigt wurde, die beiden Luftleiter durch einen Kondensator von gleicher Kapazität ersetzen (Fig. 1b). Indem das magnetische Feld, die Wellenlänge und der Joulesche Widerstand dadurch nur wenig verändert werden, unterscheidet sich dieses geschlossene System (Fig. 1b) von dem offenen (Fig. 1a) allein dadurch, daß es nicht strahlt.

Die Strahlung des offenen Systems kann dann auch behandelt werden wie jeder Energieverlust in einem Kondensator. Insofern werden wir abweichend von früher hier als Strahlungswiderstand nicht den Widerstand bezeichnen, der, in den Strombauch des Systems eingeschaltet, einen der Strahlungsenergie entsprechenden Verlust hervorrufen würde, sondern wir beziehen ihn hier auf den Strom, der zwischen Spule und Luftleiter fließt.

An dem Gesagten ändert sich nichts, wenn man zur Verlängerung der Eigenwellenlänge der Antenne nicht nur eine Spule verwendet, sondern zu dem durch die Antennen dargestellten offenen Kondensator einen geschlossenen Kondensator C_1 (Fig. 2a) parallel schaltet. Das diesem System entsprechende geschlossene System gibt Fig. 2b schematisch wieder.

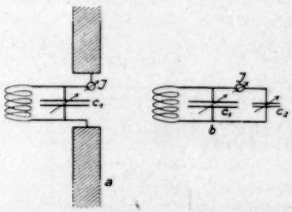

Fig. 2a, b.

Nur Systeme von der Form Fig. 1a und 2a kommen im folgenden zur Anwendung. Erregt werden dieselben durch einen magnetisch gekoppelten, ungedämpft schwingenden Kreis von gleicher Wellenlänge.

Der induzierte Strom möge in dem Hitzdrahtinstrument J_1, das in die Zuleitung zur Antenne eingeschaltet ist[1]), den Ausschlag α_0 hervorrufen. In dem geschlossenen System (Fig. 1b resp. 2b) wird man denselben Ausschlag erhalten, wenn man vor den Ersatzkondensator, der als verlustfrei angenommen wird, einen bestimmten Widerstand R schaltet. Dieser Widerstand ist identisch mit der als Strahlungswiderstand definierten Größe[2]).

§ 3. Zunächst sei ein Beispiel angeführt, das den Gang der Messung zeigen soll. Als Antenne wurde die in der eingangs erwähnten Arbeit beschriebene verwendet. In Fig. 5 I ist dieselbe schematisch dargestellt. Ihre Eigenwellenlänge war 200 m, durch eine Spule und einen Parallelkondensator war die Wellenlänge

1) C. Fischer, Annalen d. Phys. **32**, 979, 1910.
2) Annalen d. Phys. 11, 957, 1903.

1) Die Stelle, wo das Hitzdrahtinstrument eingeschaltet wird, ist theoretisch gleichgültig. Am empfindlichsten wird aber die Anordnung Fig. 2 für ein großes C_1, wenn das Instrument zwischen C_1 und die Antenne, resp. zwischen C_1 und C_2 geschaltet wird.

2) Der Ersatzkondensator ersetzt dabei nicht nur die Kapazität, sondern auch die Selbstinduktion der Luftleiter. Auf die Größe des Ersatzwiderstandes hat dies keinen Einfluß.

auf 1750 m vergrößert. Ein ungedämpft schwingender Primärkreis induzierte einen Strom, der in dem Hitzdrahtinstrumente[1]) J (Fig. 2a) den Ausschlag $a_0 = 0{,}8$ hervorrief. Dann wurden die Luftleiter durch einen Kondensator C_2 (Fig. 2b) von etwa $400 \cdot 10^{-21}$ C. G. S. ersetzt. Wurden vor den Kondensator verschiedene Widerstände R geschaltet, so waren jetzt die Ausschläge a des Hitzdrahtinstrumentes folgende:

$R =$	20	22,5	25	26,25	27,5	30	Ω
$a =$	0,895	0,845	0,795	0,770,	0,755	0,71	

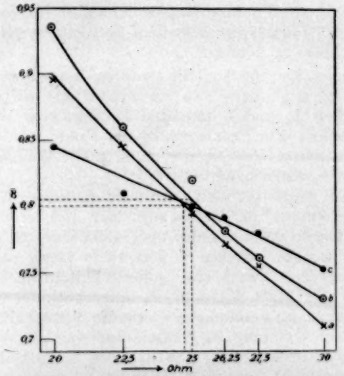

Fig. 3.

In Fig. 3a sind diese Werte durch Kreuze (X) eingetragen. Aus der Kurve geht hervor, daß der Ausschlag $a_0 = 0{,}8$ für 24,7 Ω erreicht wird, d. h. der Strahlungswiderstand ist $R_\Sigma = 24{,}7\ \Omega$.

Die Messungen konnten nur ausgeführt werden bei trockenem Wetter. Sobald die isolierten Hartgummiknüppel feucht waren, ergab sich ein weit größerer Ersatzwiderstand, offenbar infolge von Ableitung in den verdorbenen Isolatoren. Auch Absorption in benachbarten nassen Gebäudeteilen war nicht ausgeschlossen. Nach einem Regen mußte 2 Tage lang gewartet werden, bis der Widerstand asymptotisch wieder auf den Normalwert für gute Isolatoren zurückgekommen war. Z. B. ergab sich für $\lambda = 2120$ m der Ersatzwiderstand zu ca. 27 Ω. Unmittelbar nach dem Regen war ein Ersatzwiderstand von 45 Ω notwendig.

1) Es wurde dazu ein 0,1-Watt-Hitzdrahtinstrument von Hartmann & Braun verwendet. Die Widerstände waren bei den meisten Versuchen aus dünnem Manganindraht hergestellt und durch Steckkontakte leicht auswechselbar. Zuweilen kamen auch selbstinduktionslose Schiebewiderstände in Anwendung.

§ 4. Die erste Frage, welche beantwortet werden muß, ist die, in welchem Maße der Ersatzwiderstand bei gleicher Wellenlänge von den Dimensionen der eingeschalteten Spule und des Parallelkondensators abhängt. War bei dem in § 3 beschriebenen Versuche eine flache mehrlagige Spule von $L = 11{,}8 \cdot 10^5$ cm Selbstinduktion verwendet, so wurde jetzt eine einlagige Zylinderspule ($h/2r = 1$) von ungefähr der gleichen Selbstinduktion $L = 12{,}1 \cdot 10^5$ cm genommen bei der gleichen Wellenlänge von 1750 m. Die Messung ergab folgende Werte $a_0 = 0{,}805$ und

$R =$	20	22,5	25	26,25	27,5	30	Ω
$a =$	0,935	0,86	0,82	0,78	0,76	0,73	

Fig. 3b zeigt durch die mit Kreisen markierten Punkte, daß der Strahlungswiderstand $R_\Sigma = 25\ \Omega$ ist. Trotz der starken Verschiedenheit in den geometrischen Dimensionen der Selbstinduktion weicht dieser Wert also nur sehr wenig von dem früher gefundenen Werte ($R_\Sigma = 24{,}7\ \Omega$) ab.

Bei einem weiteren Versuche wurde die obige Wellenlänge von 1750 m durch Einschalten einer mehrlagigen flachen Spule von $L = 4{,}45 \cdot 10^5$ cm und eines entsprechend größeren Kondensators hergestellt. Es wurden bei $a_0 = 0{,}8$ folgende Werte gefunden:

$R =$	20	22,5	25	26,25	27,5	30	Ω
$a =$	0,845	0,81	0,80	0,79	0,78	0,75.	

Aus der durch Punkte gekennzeichneten entsprechenden Kurve (Fig. 3c) ergibt sich als Strahlungswiderstand auch hier wieder $R_\Sigma = 25\ \Omega$.

Die genannten 3 Werte für R_Σ stimmen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler überein. Es ergibt sich hieraus und aus sämtlichen folgenden Versuchen, daß bei gleicher Wellenlänge der Strahlungswiderstand in weiten Grenzen als unabhängig angesehen werden kann von den Dimensionen des Systems, das zur Wellenverlängerung zwischen die Luftleiter eingeschaltet wird.

§ 5. Von diesem Ergebnis werden wir im folgenden immer Gebrauch machen. Es soll nun die Frage beantwortet werden, wie der Strahlungswiderstand von der Wellenlänge des strahlenden Systems abhängt. Nach dem eben Gesagten ist es gleichgültig, durch welche Kombination von eingeschalteter Selbstinduktion und parallel geschalteter Kapazität die jeweilige Wellenverlängerung hergestellt wurde. Andererseits ist aber zu berücksichtigen, daß die Meßgenauigkeit mit wachsendem Parallelkondensator C_1 (Fig. 2a) immer mehr herabgedrückt wird. Aus Fig. 3 ist zu ersehen, daß die Kurve c für den größeren Parallelkondensator flacher verläuft.

Die Abhängigkeit des Strahlungswiderstandes

von der Wellenlänge wurde zwischen den Grenzen $\lambda = 800$ m und $\lambda = 4000$ m untersucht und zwar wieder an derselben Antenne wie oben. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

$\lambda =$	800	1052	1060	2057	2115	2895	4000 m
$R_\Sigma =$	8,5	13,0	13,5	29,0	30,5	42 / 42—44	59,8 Ω.

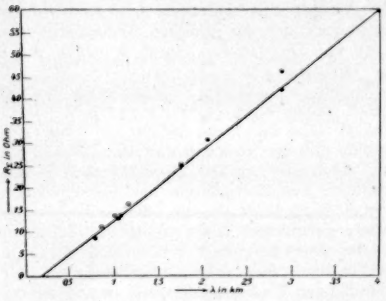

Fig. 4.

In Fig. 4 sind die Werte als Punkte eingezeichnet, die in § 3 und § 4 genannten Resultate sind durch Kreuze markiert, endlich sind drei nach der in meiner früheren Abhandlung angegebenen Methode an Systemen von der Form der Fig. 1a aus Dekrementwerten erhaltene Resultate durch Kreise in die Figur eingetragen, nämlich:

$\lambda =$	880,2	1028	1174,9 m
$R^\Sigma =$	11	13,4	16,1 Ω.

Allerdings ist bei diesen Werten zu berücksichtigen, daß sie unter einer etwas abweichenden Definition des Strahlungswiderstandes erhalten sind[1]).

Der Verlauf der Kurve zeigt, daß bei den verwendeten Luftleitern innerhalb der angegebenen Grenzen der Strahlungswiderstand näherungsweise eine lineare Funktion der Wellenlänge ist. Die Gerade geht nicht genau durch den Nullpunkt. Wir setzen daher annähernd

$$R_\Sigma \sim \lambda - \beta.$$

Auffallend ist, daß die Zahl β von derselben Größenordnung ist wie die Eigenwellenlänge (200 m) der Luftleiter ohne zwischengeschaltete Spulen oder Kondensatoren. Es liegt aber die Möglichkeit vor, die letzte Tatsache durch einen Messungsfehler zu erklären, insofern, als eine Induktion des Primärsystems auf die Luftleiter stattgefunden hat, die nachher im geschlossenen System wegfiel. Tatsächlich konnten geringfügige Unterschiede in den Resultaten nachgewiesen werden, wenn Antenne und Gegengewicht vertauscht wurden. Bei den Orientierungsversuchen, als welche die vorliegenden Messungen aufzufassen sind, wurde auf diese Frage nicht weiter eingegangen. Für größere Wellenlänge können wir mit genügender Genauigkeit Proportionalität zwischen R und λ annehmen. Unter der auf Grund der folgenden Messungen erlaubten Annahme, daß dieses Gesetz auch bei andern Luftleitersystemen Gültigkeit hat, bedarf es deshalb nur einer einzigen Messung bei einer gegen die Eigenwelle großen Wellenlänge, um den Strahlungswiderstand für jede andere Wellenlänge desselben Luftleitersystems berechnen zu können.

§ 6. Es entsteht die weitere Frage: Wie ändert sich der Proportionalitätsfaktor zwischen R und λ mit den Dimensionen der Luftleiter? Zur Beantwortung der Frage wurden die einzelnen Größen, die in Betracht kommen konnten, nacheinander variiert.

Es stand für den vertikalen Luftleiter ein Teleskopmast zur Verfügung, der isoliert auf dem Dache des Gebäudes aufgestellt war. Seine Höhe konnte zwischen 5 und 25 m stetig variiert werden. Durch eine isolierte Durchführung stand der Mast mit dem darunter befindlichen Meßraum in Verbindung. Um die Selbstinduktion der Zuleitung zu verkleinern, war dieselbe teilweise reusenförmig gebaut. Ein horizontales Gegengewicht konnte in 20 m Höhe über dem Erdboden im Hofe gespannt werden.

Der Mast wurde mit Drähten bespannt, um ihm eine größere Kapazität und Leitfähigkeit zu geben. Die Größe des Gegengewichtes wurde jedesmal durch Ausprobieren so gewählt, daß der Spannungsknoten des ganzen Systems in der Mitte der eingeschalteten Verlängerungsspule lag. Daß diese wesentliche Voraussetzung der Meßmethode erfüllt war, wurde daraus erkannt, daß die Systeme: „Antenne — Spule — Erde“ und „Gegengewicht — Spule — Erde“ gleiche Wellenlänge zeigten. Zu dem Zwecke wurden die Systeme induktiv durch einen als Stationsprüfer geschalteten Wellenmesser erregt; als Indikator diente ein aperiodischer Detektorkreis[1]) mit Fernhörer.

§ 7. Es handelt sich zunächst um die Abhängigkeit des Strahlungswiderstandes von der Höhe der Antenne. Für dasselbe Gegengewicht wurden 2 Antennen von gleicher Kapazität, aber von verschiedener Masthöhe nacheinander gebaut. Im ersten Falle wurde der Teleskopmast bei einer Höhe von 20,6 m über dem Dache mit 4 vertikalen Drähten bespannt,

1) Vgl. S. 296 rechts Fußnote 2).

1) Vgl. K. Bangert, diese Zeitschr. 11, 126, 1910.

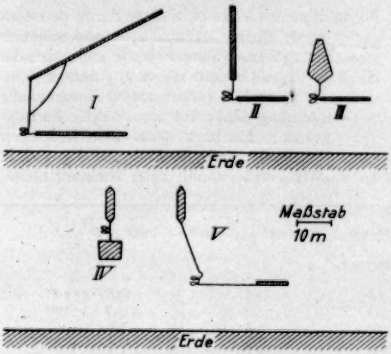

Fig. 5.

die annähernd die Kanten eines Prismas bildeten (Fig. 5 II)[1]. Im zweiten Falle wurde der Mast auf 12,6 m Höhe herabgekurbelt und zur Wiederherstellung derselben Kapazität die 4 Drähte in Form einer Doppelpyramide gespannt (Fig. 5 III). Für die erste Antenne ergaben sich folgende Resultate:

$$\lambda = 1900 \quad 1000 \text{ m}$$
$$R_\Sigma = 99 \quad 47 \ \Omega$$

und für die zweite Antenne

$$\lambda = 1900 \quad 1000 \text{ m}$$
$$R_\Sigma = 104-108 \quad 55 \ \Omega.$$

Daraus erhellt, daß die Antennenhöhe in den angegebenen Grenzen nur einen geringen Einfluß auf den Strahlungswiderstand hat. Wir wollen hier so weit gehen, daß wir den Strahlungswiderstand als unabhängig von der Antennenhöhe annehmen. Die geringen Abweichungen können nämlich, wie aus dem Folgenden hervorgeht, aus der geringen Verschiedenheit der Eigenwelle der Systeme, d. h. der Wellenlänge der Luftleiter ohne Verlängerungsspule und Kondensator, erklärt werden.

§ 8. In der Tat, wenn wir die Größe der Strahlungswiderstände, die sich aus den eben genannten Messungen ergaben, mit dem an der Antenne I (Fig. 5) bei gleicher Wellenlänge gefundenen Wert vergleichen, so ergibt sich, daß hier die Widerstände ca. viermal so groß sind als dort. Allem Anschein nach kommt für diesen Unterschied die Eigenwelle λ_0 des Systems als hauptsächliche Variable in Betracht. Dort war die Eigenwelle ca. 200 m, hier für die hohe Antenne (Fig. 5 II) ca. 102 m und für die niedrigere (Fig. 5 III) 95 m. Machen wir nun den Ansatz:

$$R = A \frac{\lambda - \beta}{\lambda_0^2},$$

wobei wir für die Rechnung $\beta = \lambda_0$ setzen, so ergibt sich für die Antenne I der Wert $A = 6{,}3 \cdot 10^{13}$ cm² sec^{-1} und für die beiden anderen Stationen II und III $A = 5{,}6 \cdot 10^{13}$ und $5{,}4 \cdot 10^{13}$ cm² sec^{-1}.

Es sei noch eine vierte Messung angeführt, welche an den Luftleitern vorgenommen ist, die für die Station des Telegraphen-Versuchsamtes nach den Forderungen von P. Drude gebaut sind und von denen F. Kiebitz eine genaue Beschreibung im Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie[1]) veröffentlicht hat (Fig. 5 IV). Die Eigenwellenlänge ist 76 m; als Strahlungswiderstände ergaben sich

$$\lambda = 2500 \quad 1900 \quad 1100 \text{ m}$$
$$R_\Sigma = 228 \quad 175 \quad 108 \ \Omega.$$

Hiernach wird aus der obigen Formel der Proportionalitätsfaktor $A = 5{,}4 \cdot 10^{13}$ cm² sec^{-1} berechnet.

Die Faktoren A zeigen trotz der verschiedenen Antennenformen eine auffällige Gleichheit. Annähernd gleich waren bei den 4 Formen die senkrechten Abstände l_0 zwischen dem untersten Punkte der Antenne und der Ebene des Gegengewichts, d. h. die Länge l_0 des vertikal herabhängenden Verbindungsdrahtes zwischen der Spule und der Antenne, nämlich $l_0 =$ ca. 5 m.

§ 9. Um einen Fall zu konstruieren, wo l_0 viel größer war, wurde eine fünfte Antenne gebaut (Fig. 5 V). Von dem untersten Punkte des Luftleiters der Station Fig. 5 IV wurde eine 16,4 m lange Leitung schräg herunter in das Meßzimmer geführt. Der Normalabstand zwischen dem untersten Antennenpunkte und der Ebene des Gegengewichtes war ca. 16 m. Als Gegengewicht diente ein 25 qm großes, über den Hof gespanntes rechteckiges Drahtnetz mit einer horizontalen, 16,4 m langen Zuleitung. Es ergab sich $R_\Sigma = 233 \ \Omega$ für $\lambda = 3{,}5$ km, während die Eigenwelle $\lambda_0 = 165$ m war. Setzen wir hier[2])

$$R_\Sigma = A \cdot \frac{\lambda}{\lambda_0^2},$$

so ergibt sich $A = 18{,}2 \cdot 10^{13}$, d. h. ein 3,3mal so großer Wert wie früher. Auffallend ist, daß auch l_0 hier ungefähr 3,3mal so groß war.

Wir können also die Messungen an den 5 Antennenformen in die eine Formel zusammenfassen

1) Die Figuren 5 sind maßstäbliche Zeichnungen der Luftleiter. Die Gegengewichte sind, weil ihre Abmessungen für das Folgende keinen Wert haben, als horizontale Striche gezeichnet, während sie in Wirklichkeit entsprechend der Fig. 2 meiner eingangs erwähnten Arbeit horizontale Drahtflächen waren.

1) F. Kiebitz, Jahrb. d. drahtl. Tel. **3**, 558, 1910.

2) Würden wir von λ das zweifelhafte Korrektionsglied $\beta = \lambda_0 = 165$ m abziehen, so ergäbe sich $A = 19 \cdot 10^{13}$.

$$R_\Sigma = B \cdot l_0 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_0^2}, \qquad (1)$$

indem wir das Korrektionsglied β vernachlässigen, d. h. indem wir annehmen, daß die Kurven, welche die Abhängigkeit zwischen R_Σ und λ angeben, durch den Nullpunkt hindurchgehen.

§ 10. Es seien hier nochmals die einzelnen Daten, aus denen die Formel gewonnen wurde, zusammengestellt.

Antenne Fig. 5	λ_0 m	l_0 m	$R_\Sigma = C(\lambda - \beta) \cdot 10^5$		$R_\Sigma = A\frac{\lambda-\beta}{\lambda_0^2} \cdot 10^{13}$	$R_\Sigma = B\frac{\lambda-\beta}{\lambda_0^2} l_0$
			β	C gemessen	$A =$	$B =$
I	200	(5,5)	200	1,6	6,3	$(3{,}8) \cdot 3 \cdot 10^{10}$
II	102	5	102	5,4	5,6	$3{,}7 \cdot 3 \cdot 10^{10}$
III	95	5	95	6,0	5,4	3,6 „
IV	76	4,8	76	9,6	5,5	3,8 „
V	165	16	0	6,6	18,1	3,8 „

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß der Wert $B = 3{,}8 \cdot c$, in die Gleichung (1) eingesetzt, es gestattet, sämtliche Strahlungswiderstände, die in vorliegender Arbeit gemessen wurden, zurückzuberechnen, wenn auch nur mit annähernder Genauigkeit. Ich gebe zu, daß die Anzahl der Versuche, die zu der Formel geführt haben, nur eine geringe ist. Da ich aber dieselben vorläufig leider nicht fortsetzen kann, und da andererseits die Formel, wie ich in folgendem zeigen werde, in gutem Einklang mit den von M. Abraham für lineare Sender berechneten Werten zu stehen scheint, so halte ich die Veröffentlichung schon jetzt für berechtigt.

In den folgenden Betrachtungen wollen wir zunächst die experimentell gefundenen Resultate mit den aus der Theorie herzuleitenden Anschauungen in Einklang zu bringen versuchen, um dann den Abrahamschen Wert für das Strahlungsdekrement einer linearen Antenne mit der Gleichung (1) in Beziehung zu bringen.

II. Erklärungsversuch.

§ 11. Zunächst sei auf den scheinbaren Widerspruch eingegangen zwischen der Tatsache[1]), daß die Reichweite einer Antenne mit der Höhe wächst und der hier angenommenen Unabhängigkeit des Strahlungswiderstandes von der Höhe der Antenne. Man muß dabei bedenken, daß jeder senkrecht angeordnete Sender als ein gerichteter Sender aufzufassen ist: er strahlt in der Richtung senkrecht zur Erdoberfläche gar nicht, längs der Erdoberfläche am stärksten. Ist der Sender sehr niedrig, so werden die Linien, welche die Richtung des Poyntingschen Vektors in einer durch den Sender gelegten Ebene darstellen, strahlenähnlich auseinandergehen, während sie, je mehr sich die Höhe der Antenne dem Werte $\lambda/_2$ nähert (konstantes λ, λ_0 und l_0 vorausgesetzt) immer mehr in die Richtung senkrecht zum Sender konzentriert werden. Es liegt dann kein Bedenken vor, anzunehmen, daß die Energieabgabe, d. h. der Strahlungswiderstand, dabei konstant bleibt.

Da eine solche Konzentration der Strahlung in die Äquatorebene der Station für die Fernwirkung günstig sein muß, so ist auch die experimentell gefundene Tatsache, daß, je höher die Sende- bzw. die Empfangsstation, desto besser der Empfang ist, erklärlich, ohne daß R_Σ ein anderes zu sein braucht.

§ 12. Ein zweiter Gedanke, der der Erörterung bedarf, ist der, daß für den Strahlungswiderstand nur der vertikale Abstand der beiden Endkapazitäten in Frage kommt. Wir denken uns als Beispiel einen Oszillator von der in Fig. 6 angegebenen Form. Knickt man den-

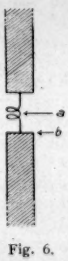

Fig. 6.

selben bei a um und legt das angehängte Gegengewicht parallel zur Erdoberfläche in eine solche Höhe, daß die Kapazität und Wellenlänge nicht beeinträchtigt wird, so ändert man dadurch den Strahlungswiderstand nicht. Anders muß es dagegen sein, sobald man die Biegung in einem andern Punkte, z. B. im Strombauch b, ausführt, d. h. ein Stück der Selbstinduktion horizontal legt. Dieses Stück ist als ein horizontaler Oszillator aufzufassen, der über einer reflektierenden Ebene angebracht ist. Wenn die Entfernung

1) Vgl. F. Kiebitz, Ann. d. Phys. **32**, 960, 1910. Auf Folgerungen die sich aus dieser Arbeit und der vorliegenden ergeben, werde ich später eingehen.

dieses Leiterstückes vom Erdboden klein ist gegenüber der Wellenlänge, so wird es zur Strahlung des Oszillators nichts beitragen. Allgemein kann demnach für den Strahlungswiderstand nur der in senkrechter Richtung gemessene stromführende Teil einer Antenne in Betracht kommen[1]). So wird im besonderen ein linearer, symmetrischer Sender, dessen eine Hälfte vertikal, die andere horizontal über dem Boden angeordnet ist, in einer Höhe, die klein gegenüber der Wellenlänge ist (trotzdem sei $\lambda = 2l$ vorausgesetzt) genau die Hälfte des Strahlungswiderstandes aufweisen, wie ein gleich langer, völlig vertikaler Sender gleicher Wellenlänge. Man kann also den horizontalen Ast unter Beibehaltung der Wellenlänge durch eine ganz beliebige Anordnung von Kapazität und Selbstinduktion ersetzen, vorausgesetzt, daß keine vertikalen Stromteile dadurch hinzugefügt werden. Aus dem Gesagten folgt ferner die bekannte Tatsache, daß der Strahlungswiderstand eines geerdeten linearen Senders halb so groß ist, wie der eines vertikal angeordneten (doppelt so langen) symmetrischen Senders gleicher Wellenlänge.

§ 13. Um nun die Gleichung (1) mit der aus der Theorie von M. Abraham[2]) folgenden Gleichung für den Strahlungswiderstand einer linearen Antenne in Beziehung zu bringen, machen wir für ein vertikal angeordnetes System mit Gegengewicht von der Form der Fig. 1a folgenden Ansatz:

$$R_\Sigma = 0{,}61 \frac{l_0}{L_0} \sqrt{\frac{L + L_0}{C}}. \qquad (2a)$$

Die Größen L_0 und L denken wir uns in den Strombauch eingeschaltet, C in den Spannungsbauch; l_0 ist die Länge des vertikalen stromführenden Drahtes, L_0 der Effektivwert der Selbstinduktion dieses Drahtes. L bedeutet die Selbstinduktion der Spule, durch welche die Wellenverlängerung herbeigeführt ist, so daß $L + L_0$ der Wert der Selbstinduktion ist, der für die Wellenlänge in Frage kommt. C soll endlich die gegenseitige Kapazität der beiden Luftleiter bedeuten. Für einen geerdeten Sender machen wir den gleichen Ansatz, während wir für einen Sender, dessen untere Hälfte vom Strombauch an horizontal über der Erde angeordnet ist, aus genannten Gründen (vgl. § 12) die Hälfte dieses Wertes ansetzen, nämlich:

$$R_\Sigma = 0{,}305 \frac{l_0}{L_0} \sqrt{\frac{L + 2L_0}{C}}. \qquad (2b)$$

In diesen zwei Gleichungen ist Gleichung (1) enthalten. Denken wir uns nämlich die Versuche mit Systemen der Form der Fig. 1 angestellt, d. h. mit völlig vertikal angeordneten Systemen, bei denen die Wellenverlängerung nur durch eine Spule erfolgt, so wäre bei sämtlichen Versuchen die Selbstinduktion L dieser Verlängerungsspule sehr groß gegenüber der Selbstinduktion L_0 der Luftleiter. Unter dieser Annahme können wir setzen

$$\lambda = 2c \cdot \pi \sqrt{LC}$$

und

$$\lambda_0 = 2c \cdot \pi \sqrt{L_0 C}.$$

Mit Hilfe dieser Gleichungen ersetzen wir L, C und L_0 in Gleichung (2a) durch λ und λ_0 und erhalten

$$R_\Sigma = 0{,}61 \cdot 2\pi c \cdot l_0 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_0^2} = 3{,}83 \cdot c \cdot l_0 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_0^2} = B \cdot l_0 \cdot \frac{\lambda}{\lambda_0^2},$$

wobei die Größe B mit der in § 9 experimentell gefundenen übereinstimmt.

Auf die Antenne Fig. 5 IV, deren sämtliche Teile vertikal angeordnet sind, läßt sich die Gleichung (2a) ohne Bedenken anwenden, Bei den Antennen Fig. 5 I, II und III war der horizontale Teil, d. h. das Gegengewicht als selbstinduktionslos anzusehen. Nach dem in § 12 Gesagten gilt demnach auch hier die Gleichung (2a), worin für l_0 der Abstand zwischen dem tiefsten Punkte des oberen Luftleiters und der Ebene des Gegengewichtes zu setzen ist. Für die Antenne Fig. 5 V dagegen ist die Formel (2b) für den geknickten Sender anzuwenden, und zu berücksichtigen, daß

$$L_0 \cdot C \cdot 4\pi^2 c^2 = \frac{\lambda_0^2}{2}$$

ist.

Außerdem ist die Formel für den linearen Sender in der empirischen Formel (2) enthalten. Denn für einen linearen Sender von der Wellenlänge $\lambda = 4l$ haben wir für L_0, L, l_0 und C entsprechend obiger Definition in die Gleichungen (2a) und (2b) folgende Werte einzusetzen:

	L_0	l_0	L	C
Gerader symmetrischer Sender	$2l \lg \text{nat} \frac{2l}{r}$	$2l$	0	$\frac{l}{8 \lg \text{nat} \frac{2l}{r}} \cdot \frac{1}{c^2}$
Geerdeter, symmetrischer Sender	$l \lg \text{nat} \frac{2l}{r}$	l	0	$\frac{l}{4 \lg \text{nat} \frac{2l}{r}} \cdot \frac{1}{c^2}$
rechtwinklig gebogener Sender	$l \lg \text{nat} \frac{2l}{r}$	l	0	$\frac{l}{8 \lg \text{nat} \frac{2l}{r}} \cdot \frac{1}{c^2}$

1) Dementsprechend konnte die 16 m lange Zuleitung zum Gegengewicht der Antenne V nichts zur Strahlung beitragen.

2) M. Abraham, Wied. Ann. **66**, 435, 1898.

Danach ergibt sich für den geerdeten und den geknickten Sender derselbe Strahlungswiderstand, nämlich $R_\Sigma = 1{,}22 \cdot c$ C.G.S., d. h. 36,6 Ω, für den geraden, symmetrischen Sender wird $R_\Sigma = 2{,}44 \cdot c$ C. G. S. oder 73,2 Ω.

Diese Widerstände sind hier im Strombauch eingeschaltet zu denken. Wenn wir aus ihnen nach der Gleichung

$$\mathfrak{d} = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

die Strahlungsdekremente berechnen wollen, so müssen wir sie uns über den ganzen Leiter gleichmäßig verteilt denken, und von diesen Werten geht dann der Effektivwert in die Gleichung ein. Dann ergibt sich für den geerdeten und den symmetrischen geraden Sender

$$\mathfrak{d}_\Sigma = \frac{1{,}44}{\lg \text{nat} \frac{2l}{r}},$$

d. h. der von M. Abraham berechnete Wert und für den geknickten Sender

$$\mathfrak{d}_\Sigma = \frac{1{,}22}{\lg \text{nat} \frac{2l}{r}}.$$

Aus dem Gesagten folgt, daß die Gleichungen (2) für die beiden extremen Fälle 1) $L = 0$ und 2) L_0 klein gegen L den Strahlungswiderstand überschlägig zu berechnen gestatten, im 2. Falle allerdings vielleicht nur bei Antennen von der besprochenen Form.

Es sei im folgenden noch einiges über die durch die Strahlung hervorgerufenen Dekrementwerte bei solchen Systemen mitgeteilt.

§ 15. Als Strahlungsdekrement ist das Verhältnis der pro Periode abgegebenen Energie zur doppelten Gesamtenergie anzusehen. Da nun nach unserer Definition der Strahlungswiderstand auf die Stromamplitude J_A am untersten Ende der Antenne, nicht auf diejenige (J_0) im Strombauch bezogen ist, so hat man anzusetzen[1])

$$\mathfrak{d}_\Sigma = \frac{\frac{1}{2} R_\Sigma J_A^2 \cdot \lambda / c}{\frac{1}{2} L J_0^2}. \qquad (3)$$

Für Systeme von der Form Fig. 1 ist deshalb von vornherein über das Strahlungsdekrement zahlenmäßig nichts auszusagen, da das Verhältnis $J_A^2 : J_0^2$ nicht bekannt ist. Es liegt nahe, zu versuchen, aus den Messungen und Rechnungen von P. Drude[1]) über die Wellenlänge solcher Oszillatoren auch die Stromstärke am Ende der Spule im Verhältnis zu der im Strombauch zu berechnen. Dabei kommt man auf Resultate, welche den Tatsachen widersprechen. Dies mag daraus zu erklären sein, daß die für die Wellenlängenberechnung angängige Voraussetzung, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Stromes längs der Spule konstant sei, für die vorliegende Untersuchung nicht gemacht werden darf.

Wir können aber annähernd über den Faktor von $J_A^2 : J_0^2$ folgende Überlegung anstellen.

Obige Gleichung (3) kann man schreiben in der Form

$$\mathfrak{d}_\Sigma = R_\Sigma \pi \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{J_A^2}{J_0^2}.$$

Andererseits ist nach den Gleichungen (2), wenn die Selbstinduktion (L_0) der Antenne klein gegen die der eingeschalteten Spule (L) ist,

$$R_\Sigma \sim \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Es ist also das Strahlungsdekrement der Antenne dann nur von dem Verhältnis der beiden Stromamplituden abhängig, d. h. es muß mit wachsender Spule erst langsam und dann von einer gewissen Grenze an sehr schnell abnehmen[2]).

§ 16. Berechnen kann man das Strahlungsdekrement bei einer Schaltung, wie sie in Fig. 2a angegeben ist. Es werde dort nur der Kondensator C_1 variiert, der als quasistationär vorausgesetzte Strom in der Spule sei J_0, der durch die Kondensatoren C_1 resp. C_2 fließende Strom sei J_1 resp. J_2. Dann kann man mit großer Annäherung setzen

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{C_2}{C_1}$$

oder

$$\frac{J_2^2}{J_0^2} = \frac{C_2^2}{(C_1 + C_2)^2}$$

oder

$$\frac{J_2^2}{J_0^2} \sim \frac{1}{\lambda^4}.$$

Setzt man nun das Strahlungsdekrement proportional dem Verhältnis der pro Periode ausgestrahlten und der Gesamtenergie, d. h.

$$\mathfrak{d}_\Sigma \sim \frac{R_\Sigma J_2^2 \lambda}{J_0^2},$$

1) Aus der Stromverteilung auf einem offenen Schwingungskreis kann man nach M. Abraham das Strahlungsdekrement berechnen. Hier ist gezeigt, daß es unter einigen vereinfachenden Annahmen bei bestimmten Antennenformen genügt, den Strom an zwei Stellen zu kennen.

1) P. Drude, Ann. d. Phys. 11, 957, 1903.

2) Auf Grund der anderen Definition des Strahlungswiderstandes in der eingangs erwähnten Arbeit des Verfassers ist statt des dort gefundenen Wertes $R_\Sigma = 16\ \Omega$ ein größerer Wert nach der jetzigen Definition zu setzen. Der Unterschied ist aber auf Grund von Messungen unter 1 Proz. anzusetzen.

so kann man dafür schreiben

$$\mathfrak{d}_\Sigma \sim R_\Sigma \cdot \frac{1}{\lambda^3}.$$

Da nun R_Σ proportional zu λ ist, so ergibt sich also

$$\mathfrak{d}_\Sigma \sim \frac{1}{\lambda^2} \sim \frac{1}{C_1 + C_2} \sim \frac{1}{1 + \frac{C_1}{C_2}}.$$

Die besprochene Schaltung wird vielfach als Empfangsschaltung verwendet und durch Erfahrung ist schon längst bewiesen, daß der Kondensator C_1 eine bestimmte Größe nicht überschreiten darf. Im Telegraphen-Versuchsamt gilt als Regel, daß C_2 nicht größer als die Antennenkapazität sein darf. Das hieße nach obiger Gleichung, daß für $C_1 = C_2$ das Dekrement auf die Hälfte des Wertes für $C_1 = 0$ herabsinkt.

Variiert man andererseits bei konstanter Wellenlänge die Größen L und C_1, so zeigt die Rechnung, daß in diesem Fall die Dekremente sich verhalten müssen umgekehrt proportional den Gesamtkapazitäten, d. h.

$$\frac{\mathfrak{d}}{\mathfrak{d}'} = \frac{C'_1 + C_2}{C_1 + C_2}.$$

Ein Resultat, das schon in der erwähnten früheren Arbeit[1]) des Verfassers experimentell bestätigt ist.

Zusammenfassung.

§ 17. Der Strahlungswiderstand einer Käfigantenne mit Gegengewicht, bezogen auf die Stromamplitude in den Zuleitungen, ist bei gleicher Wellenlänge unabhängig von den Dimensionen des Systems, durch welches die Wellenverlängerung hervorgerufen wird, und unabhängig von der Antennenhöhe. Es gelingt, für den Strahlungswiderstand eine Formel aufzustellen, in der sowohl die nach M. Abraham berechneten Werte für lineare Antennen, wie auch die an fünf verschiedenen Antennen gemessenen Werte enthalten sind.

1) Vgl. S. 990, Fußnote 2

Berlin.

(Eingegangen 24. Februar 1911.)

Eine Näherungstheorie für die Antenne mit großem Widerstande.

Von James E. Ives.

Bei den Theorien über die Antennen der drahtlosen Telegraphie wird gewöhnlich angenommen, daß der Ohmsche Widerstand so klein ist, daß er vernachlässigt werden kann[1]). Es ist jedoch denkbar, daß dies manchmal nicht zutrifft. Wenn z. B. das Empfängersystem angenähert aperiodisch ist, so muß sein Ohmscher Widerstand groß sein im Vergleiche zu dem Verhältnisse von Selbstinduktion zu Kapazität. Einen derartigen Fall hat Rüdenberg[2]) auf sehr interessante Weise behandelt.

In einer der letzten Nummern der Physical Review[3]) habe ich eine Näherungstheorie für die Erregung eines linaren Oszillators mit hohem Widerstand durch elektrische Wellen entwickelt, wobei ich ihn als System mit einem Freiheitsgrade behandelte. Diese Theorie kann auch auf die geradlinige Antenne übertragen werden, wenn man die Erde als vollkommen guten Leiter auffaßt. Dann verhält sich die Antenne wie ein halber linearer Oszillator von der doppelten Länge. Diesen Oszillator wollen wir den äquivalenten Oszillator nennen.

Wir wollen außerdem annehmen, daß die Frequenz der erregenden Wellen nicht sehr von der Eigenfrequenz der Antenne abweicht. Der Versuch zeigt, daß sich in diesem Falle am unteren Ende der Antenne ein Strommaximum und am oberen freien Ende ein Potentialmaximum ausbildet. Ladungsdichte und Stromstärke ändern sich daher von Punkt zu Punkt längs der Antenne, und Selbstinduktion, Widerstand und Kapazität können deshalb nicht in der gewöhnlichen Weise bestimmt werden. Geht man vom unteren Ende aus, so ist das Potential proportional einer Sinusfunktion und der Strom proportional einer Kosinusfunktion der Entfernung x.

Das Potential in jedem Punkte wird durch

$$V \sin \frac{\pi x}{2h}$$

gegeben, wo V die Potentialdifferenz zwischen dem freien Erde und der Erde und h die Länge der Antenne ist. Die gesamte Elektrizitätsmenge q, die auf ihr verteilt ist, ergibt sich daraus zu

$$q = \int_{x=0}^{x=h} cV \sin \frac{\pi x}{2h}\, dx = \frac{2}{\pi} chV,$$

wo c die Kapazität pro Längeneinheit ist. Es ist aber $ch = C$ die Kapazität wie sie in der üblichen Weise für quasistationäre Ströme berechnet wird. Daher haben wir[4])

$$q = \frac{2}{\pi} CV.$$

1) Siehe z. B. Abraham, diese Zeitschr. **2**, 329 bis 334, 1901.

2) Ann. d. Phys. **25**, 446—466, 1908.

3) Vol. **31**, 200—203, 1910.

4) Siehe Fleming, Electric Wave Telegraphy S. 194.

Wenn i der Strom am Fuße der Antenne ist, so ist der Strom i_x an jedem anderen Punkte gegeben durch

$$i_x = i \cos \frac{\pi x}{2h}.$$

Der gesamte mit der Antenne verbundene magnetische Fluß Φ ist

$$\Phi = \int_{x=0}^{x=h} p\, i_x\, dx = \int_{x=0}^{x=h} p i \cos \frac{\pi}{2} \frac{x}{h}\, dx = \frac{2}{\pi} phi,$$

wo p die Selbstinduktion pro Längeneinheit bedeutet. Da aber hp gleich der Selbstinduktion L des Drahtes für quasistationäre Ströme ist, so können wir schreiben

$$\Phi = \frac{2}{\pi} Li.$$

Der gesamte Ohmsche Spannungsabfall der Antenne ist

$$\int_{x=0}^{x=h} r i_x\, dx = \int_{x=0}^{x=h} r i \cos \frac{\pi}{2} \frac{x}{h}\, dx = \frac{2}{\pi} rhi = \frac{2}{\pi} Ri,$$

wo r der Ohmsche Widerstand pro Längeneinheit und R der gesamte Ohmsche Widerstand der Antenne ist.

Wenn der Ohmsche Widerstand, wie wir annehmen, groß ist, dann wird der „Strahlungswiderstand" dagegen klein sein und kann hier vernachlässigt werden. Aus obigen Werten der gesamten Elektrizitätmenge, des magnetischen Flusses und des Ohmschen Spannungsabfalles der Antenne können wir die äquivalente Kapazität, Selbstinduktion und Widerstand des äquivalenten linearen Oszillators berechnen.

Die äquivalente Kapazität ist

$$\frac{1}{\pi} C,$$

da die Antenne und ihr Bild als Kapazitäten in Serie angesehen werden können. Die äquivalente Selbstinduktion ist

$$\frac{4}{\pi} L,$$

und der äquivalente Widerstand

$$\frac{4}{\pi} R.$$

Diese drei Werte wollen wir mit C', L' und R' bezeichnen.

Die Gleichung für die elektromotorischen Kräfte der Antenne lautet nun:

$$\frac{d(L'i)}{dt} + R'i + \frac{q}{C'} = E e^{-\alpha t} \sin\left(at - \frac{\pi}{2}\right) = -E e^{-\alpha t} \cos at, \quad (1)$$

wo

$$E e^{-\alpha t} \sin\left(at - \frac{\pi}{2}\right)$$

die elektromotorische Kraft ist, die der Antenne durch die erregenden Wellen aufgedrückt wird, unter der Annahme, daß sie gegen das elektrische Feld der Wellen um 90^0 verzögert ist; α ist der Dämpfungsfaktor und a die Frequenz multipliziert mit 2π.

Die Gleichung kann auch so geschrieben werden:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2 i}{dt^2} + \frac{R'}{L'}\frac{di}{dt} + \frac{i}{L'C'} \\ &= \frac{E(a^2+\alpha^2)^{\frac{1}{2}}}{L'} e^{-\alpha t} \sin\left(at + tan^{-1}\frac{\alpha}{a}\right). \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Da $\alpha = \delta n$, wo δ das logarithmische Dekrement des erregenden Wellenzuges, n ihre Frequenz ist und $a = 2\pi n$, so gilt

$$\frac{\alpha}{a} = \frac{\delta}{2\pi}.$$

Wenn die Dämpfung des erregenden Wellenzuges klein ist, dann ist δ und folglich auch $\frac{\alpha}{a}$ klein. Wir wollen das annehmen und

$$tan^{-1}\frac{\alpha}{a}$$

vernachlässigen, so daß

$$(a^2 - \alpha^2)^{\frac{1}{2}} = a$$

wird.

Zur Bequemlichkeit setzen wir

$$\frac{R'}{L'} = 2\beta,$$

$$\frac{1}{L'C'} = b^2 + \beta^2$$

und

$$\frac{Ea}{L'} = A.$$

Gleichung (2) heißt dann:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta\frac{di}{dt} + (b^2+\beta^2) i = A e^{-\alpha t} \sin at. \quad (3)$$

Die Anfangsbedingungen sind für $t = 0$

$$i = 0, \qquad \frac{di}{dt} = 0.$$

Die allgemeine Lösung der Gleichung (3) kann durch bekannte Methoden gefunden werden; sie lautet:

$$i = A_1 e^{-\alpha t} \sin(at + \varepsilon_1) + B_1 e^{-\beta t} \sin(bt + \varepsilon_2), \quad (4)$$

wo:

$$A_1 = \frac{[[(\alpha-\beta)^2 - (a^2-b^2)]^2 + 4a^2(\alpha-\beta)^2]^{\frac{1}{2}}}{[(\alpha-\beta)^2 - (a^2-b^2)]^2 + 4a^2(\alpha-\beta)^2} A$$

$$B_1 = \frac{\left[\begin{matrix}a^2\\ b^2\end{matrix}[(\alpha-\beta)^2 + (a^2-b^2)]^2 + 4a^2(\alpha-\beta)^2\right]^{\frac{1}{2}}}{[(\alpha-\beta)^2 - (a^2-b^2)]^2 + 4a^2(\alpha-\beta)^2} A$$

$$\varepsilon_1 = tan^{-1} \frac{2a(\alpha-\beta)}{(\alpha-\beta)^2 - (a^2-b^2)}$$

$$\varepsilon_2 = tan^{-1} \frac{-2b(\alpha-\beta)}{(\alpha-\beta)^2+(a^2-b^2)}.$$

Der Strom in der Antenne ist also die Summe zweier gedämpfter Sinusfunktionen der Zeit, von denen die eine Periode und Dämpfung der erregenden Wellen, die andere die der Eigenschwingungen der Antenne besitzt. Die relativen Amplituden der zwei Schwingungen hängen von dem Verhältnis ihrer Dämpfungsfaktoren und ihrer Perioden ab.

Da

$$b = \sqrt{\frac{1}{L'C'} - \frac{R'^2}{4L'^2}}$$

ist, verschwinden die Schwingungen mit der eigenen Periode, wenn

$$R = \pi \sqrt{\frac{L}{C}}. \qquad (5)$$

Wir kommen daher zu dem sehr interessanten Ergebnisse, daß die Antenne aperiodisch schwingt, wenn R gleich oder größer als dieser Wert ist. Die Frequenz der freien Schwingung der Antenne ist $\frac{b}{2\pi}$, folglich ihre Periode T

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{L'C'} - \frac{R'^2}{4L'^2}}}. \qquad (6)$$

Setzen wir die Werte für L', R' und C' ein, so erhalten wir

$$T = \frac{4}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{\pi^2 L^2}}}. \qquad (7)$$

Wenn R und der „Strahlungswiderstand" beide sehr klein sind, so reduziert sich Gleichung (7) zu der bekannten Näherungsformel für die Periode der geraden Antenne

$$T = 4\sqrt{LC}. \qquad (8)$$

Gleichung (8) wird meistens aus der Voraussetzung entwickelt, daß eine ebene Welle längs der Antenne fortschreitet und an den Enden reflektiert wird. Wir erhalten dadurch aus den Formeln

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{und} \quad v = \frac{1}{\sqrt{pc}},$$

wo v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Wellen in einem Drahte und λ die Wellenlänge ist:

$$T = 4h\sqrt{pc} = 4\sqrt{LC}.$$

Gleichung (8) unterscheidet sich von der bekannten Thomson-Formel

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

für die Periode eines geschlossenen Kreises, der eine lokalisierte Kapazität C und Selbstinduktion L besitzt, dadurch, daß der Faktor $\frac{\pi}{2}$ fehlt. Die hier entwickelte Methode der Behandlung der Antennenschwingung durch Untersuchung des mittleren Potentials und Stromes zeigt deutlich wie das $\frac{\pi}{2}$ in Gleichung (8) verschwindet, da L und R mit diesem Faktor multipliziert werden.

Abraham[1]) hat gezeigt, daß die Stromenergie in einer geraden Antenne

$$\frac{1}{4}Li^2$$

ist, d. h. sie ist halb so groß wie bei einem quasistationären Strom von der Größe i. Das kommt daher, daß die Energie von dem Quadrate des Stromes abhängt. Die effektive Selbstinduktion auf diese Weise berechnet, ist

$$\frac{1}{2}L \quad \text{statt} \quad \frac{2}{\pi}L.$$

Wir sehen daraus, daß bei nicht quasistationären Strömen die effektive Selbstinduktion keine unveränderliche Größe ist, sondern von der Berechnungsweise abhängt. Wenn wir von dem Mittelwert des über die Antennen verteilten magnetischen Flusses (Li) ausgehen, so erhalten wir

$$\frac{2}{\pi}L$$

dafür; gehen wir aber von dem Mittelwerte der Energie

$$\left(\frac{1}{2}Li^2\right)$$

aus, so erhalten wir

$$\frac{1}{2}L.$$

Die Betrachtung einer mechanischen Analogie mag einiges Licht auf diese Art der Behandlung der Antenne mit großem Widerstande werfen.

Wir wollen die transversalen Schwingungen einer elastischen Schnur betrachten. v_x und q_x seien Geschwindigkeit und Ausschlag in jedem Punkte x, M die Hälfte der Gesamtmasse, l die Länge und R die Hälfte der Kraft, die nötig wäre, um die innere und äußere Reibung der ganzen Schnur zu überwinden, wenn jeder Punkt derselben sich mit der Geschwindigkeit eins bewegte. M entspricht dann der Selbstinduktion L der Antenne, und R ihrem Ohmschen Widerstande. Wir wollen annehmen, daß

$$q_x = q \sin \frac{\pi x}{l},$$

wo q der Ausschlag der Schnur in ihrem Mittel-

1) Diese Zeitschr. **2**, 333, 1901.

punkte ist. Dann wird v_x in jedem Punkte gegeben durch

$$v_x = v \sin \frac{\pi x}{l},$$

wo v die Geschwindigkeit der Schnur in ihrem Mittelpunkte ist. Die mittlere Geschwindigkeit ist

$$\frac{2}{\pi} v$$

und das äquivalente Moment der Schnur

$$\frac{4}{\pi} M v \quad \text{oder} \quad M' v,$$

wenn

$$\frac{4}{\pi} M = M'.$$

Ebenso wird die mittlere Reibungskraft durch $R' v$ dargestellt, wobei

$$R' = \frac{4}{\pi} R.$$

Der Normaldruck, der in jedem Punkte der Schnur angreift und sie ins Gleichgewicht zurückzubewegen sucht, ist $\frac{T}{\varrho}$, wobei T die Spannung der Schnur und ϱ ihr Krümmungsradius in dem betreffenden Punkte ist. Für kleine Krümmung gilt

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{d^2 q_x}{dx^2} = -\frac{\pi^2}{l^2} q \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Der Normaldruck in jedem Punkte x auf der Schnur ist daher

$$-\frac{T \pi^2}{l^2} q \sin \frac{\pi x}{l}.$$

Die gesamte Kraft, welche die Schnur in die Gleichgewichtslage zurücktreibt, ist

$$-\int_{x=0}^{x=l} \frac{T \pi^2}{l^2} q \sin \frac{\pi x}{l} dx = -\frac{2 \pi T}{l} q.$$

Setzt man

$$\frac{2 \pi T}{l} = S,$$

so ist die rücktreibende Kraft $-Sq$.

Die Bewegungsgleichung der Schnur, behandelt als ein System mit einem Freiheitsgrade, ist dann

$$\frac{d(M'v)}{dt} + R'v + Sq = 0$$

oder

$$M' \frac{d^2 q}{dt^2} + R' \frac{dq}{dt} + Sq = 0.$$

Die Periode der gedämpften Schnur

$$T = \frac{2 \pi}{\sqrt{\frac{S}{M'} - \frac{R'^2}{4 M'^2}}}.$$

Setzt man die Werte für M' und R' ein, so erhält man

$$T = \frac{4}{\sqrt{\frac{2T}{Ml} - \frac{R^2}{\pi^2 M^2}}}.$$

Wenn R klein ist gegen M, so verwandelt sich dies in

$$T = 4 \sqrt{\frac{Ml}{2T}}.$$

Setzt man

$$M = \frac{ml}{2},$$

wo m die Masse pro Längeneinheit ist, so erhalten wir

$$T = 2l \sqrt{\frac{m}{T}},$$

die wohlbekannte Formel für die Periode einer ungedämpften Schnur.

Die Schnur hört auf zu schwingen, sobald

$$R = \pi \sqrt{\frac{2MT}{l}}.$$

Das ist der kritische Reibungswiderstand, der die Schnurbewegung nichtschwingend (aperiodisch) macht. Daß es einen solchen kritischen Widerstand tatsächlich gibt, kann man leicht zeigen, indem man ein Gummiband, das in Luft frei schwingt, in Glyzerin eintaucht. Wenn es in einem solchen zähen Medium aus seiner Gleichgewichtslage gezogen und dann losgelassen wird, so schwingt es nicht um diese Gleichgewichtslage, sondern kehrt einfach dahin zurück.

Universität Cincinnati, Januar 1911.

(Aus dem Englischen übersetzt von Hilde Barkhausen.)

(Eingegangen 22. Februar 1911.)

Über eine neue Interferenzerscheinung im parallelen Licht.

Von Hans Schulz.

Die bisher bekannten Interferenzerscheinungen im parallelen Licht werden zumeist mit Hilfe von Planparallelplatten erzeugt. Die Systeme der Interferenzkurven haben dann stets zwei Symmetrieachsen, deren Lage für alle Wellenlängen die gleiche ist[1]). Die hier zu beschreibende Interferenzerscheinung, welche unter Benutzung eines geeigneten gleichschenkligen Prismas und eines Planspiegels sehr leicht hervorzubringen ist, hat im Gegensatz dazu nur noch eine Symmetrieachse, welche mit dem Haupt-

1) Lummer, Wied. Ann. **23**, 49—84, 1884; **24**, 417—439, 1885; Müller-Pouillet, Lehrbuch der Phys. II, 2, S. 751—767, 1907.

schnitt des Prismas zusammenfällt, und die Lage der Punkte extremen Gangunterschiedes ist von der Wellenlänge abhängig.

Es sei gegeben ein gleichschenkliges Prisma von der Höhe h mit dem Winkel an der Spitze 2ϱ (Fig. 1). Parallel zur Basis des Prismas im Abstande a von der Spitze befindet sich ein Planspiegel. Fällt nun auf die Fläche AB des

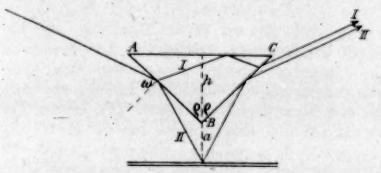

Fig. 1.

Prismas ein Strahl unter dem Winkel ω auf, so wird er teils gebrochen (längs I), teils reflektiert (längs II). Der gebrochene Teil wird an der Basisfläche des Prismas reflektiert und tritt aus Fläche BC aus unter dem Winkel ω gegen diese Fläche; der reflektierte Teil wird am Spiegel zurückgeworfen und verläßt endlich die Fläche BC unter dem gleichen Winkel ω. Wie aus der Figur sofort ersichtlich, ist der Gangunterschied der parallel zueinander austretenden Teilwellen I und II nur abhängig vom Einfallswinkel ω, da die Kombination Prisma-Spiegel ersetzt gedacht werden kann durch zwei Planparallelplatten, deren eine aus Luft, deren andere aus dem Material des Prismas besteht (Fig. 2).

Um den Gangunterschied zu bestimmen, den zwei unter einem beliebigen Winkel ω einfallende ebene Wellen, welche senkrecht zum

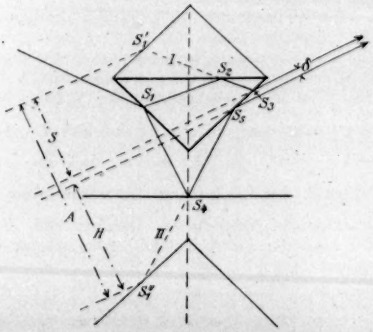

Fig. 2.

Hauptschnitt fortschreiten, erhalten, denken wir uns das System Prisma-Spiegel durch die oben erwähnten Planparallelplatten ersetzt. Dann haben die Spiegelbilder des Strahles vor Brechung und Reflexion den senkrechten Abstand A. (Die gebrochene Teilwelle I wird an der Basisfläche des Prismas, die Teilwelle II an dem Planspiegel gespiegelt) und es ist

$$A = 2\,(a + h)\cos(\varrho - \omega). \qquad (1)$$

Die Hebung des reflektierten Strahles ist

$$H = 2a\,\frac{\sin\varrho \cdot \sin 2\omega}{\cos\omega}. \qquad (2)$$

Die Senkung des gebrochenen Strahles hingegen ist

$$S = 2h \cdot \frac{\sin\varrho \cdot \sin(\omega - \omega')}{\cos\omega'}, \qquad (3)$$

wobei der Brechungswinkel ω' durch die Relation

$$\sin\omega = n \cdot \sin\omega' \qquad (4)$$

bestimmt ist und n den Brechungsquotienten der Prismensubstanz für die Wellenlänge λ bezeichnet. Demnach ist der Abstand der Strahlen nach Brechung und Reflexion gegeben durch

$$\left.\begin{aligned}\delta = A - H - S &= 2a\cos(\varrho + \omega)\\ &+ 2h \cdot \frac{\cos\omega}{\cos\omega'}\cos(\varrho - \omega').\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Die gesamte Wegdifferenz der Strahlen ist dann also

$$\Delta = -\frac{2nh \cdot \sin\varrho}{\cos\omega'} + \frac{2a\sin\varrho}{\cos\omega} + \delta \cdot \operatorname{tg}\omega,$$

welches nach einigen Umformungen ergibt

$$\Delta = 2a\sin(\varrho + \omega) - 2hn \cdot \sin(\varrho - \omega'). \qquad (6)$$

Ein Extremwert des Gangunterschiedes tritt ein, wenn $\frac{d\Delta}{d\omega} = 0$ ist. Dies ergibt

$$\left.\begin{aligned}\frac{d\Delta}{d\omega} &= a \cdot \cos\omega' \cdot \cos(\varrho + \omega)\\ &+ h \cdot \cos\omega\cos(\varrho - \omega') = 0,\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

welche Bedingung identisch ist mit

$$\delta = 0, \qquad (5a)$$

d. h. ein Extremwert des Gangunterschiedes tritt ein, wenn die Teilwellen I und II sich in sich selbst vereinigen. Dieser Extremwert, welcher ein Minimum ist, wenn $\Delta > 0$ ist[1]), wird gleich Null, wenn

$$\varrho = 90 - \omega + \omega', \qquad (8)$$

was sich aus Gleichung (6) mit (5a) durch Elimination von a und n ergibt. Ferner folgt aus diesen Gleichungen

$$\frac{a}{h} = \frac{n \cdot \cos\omega}{\cos\omega'}. \qquad (9)$$

Da hier zur Erzeugung der Interferenzerscheinung nur zwei Bündel mitwirken, also

1) Ist $\Delta < 0$, so ist nur der Strahl I mit II zu vertauschen, um für Δ einen positiven Wert zu erhalten.

die Intensitätsverteilung stets sinusförmig ist, so wird die Erscheinung dann am deutlichsten wahrnehmbar sein, wenn die Intensität der interferierenden Wellen gleich wird und somit die Minima vollständige werden. Setzt man voraus, daß die Reflexionsverluste an der Basisfläche des Prismas und am Planspiegel gleich sind, was mit großer Näherung immer geschehen kann, wenn beide Flächen versilbert sind, so folgt, daß die Intensität der durch Brechung mit Reflexion bei S_1 erzeugten Teilwellen I und II gleich sein muß. Falls nur in der Einfallsebene polarisiertes Licht benutzt wird, führt dies auf die leicht abzuleitende Bedingung

$$\frac{\sin(\omega - \omega')}{\sin(\omega + \omega')} = -\frac{1}{\sqrt{2}} = \sigma. \qquad (10)$$

Setzt man

$$p = \frac{1+\sigma}{1-\sigma}, \qquad (11)$$

so folgt

$$\sin\omega = n\sqrt{\frac{1-p^2}{n^2-p^2}}. \qquad (12)$$

Gleichung (8) und (12) bestimmen dann eindeutig den Prismenwinkel ϱ als Funktion des Brechungsindex. Ebenso ist $\frac{a}{h}$ eindeutig bestimmt. Die absoluten Größen von a und h hängen von der willkürlichen Wahl von h ab; je größer h ist, desto enger sind die Interferenzkurven, weil bei größerem a und h der Wert von Δ proportional h wächst und damit die Anzahl der Wellenlängen $\frac{\Delta}{\lambda}$ für gegebenes ω.

Um ein Urteil über die Beobachtungsmöglichkeit zu erhalten, seien hier einige Worte von ω und ϱ in Abhängigkeit vom Brechungsindex angegeben.

n	ω	ϱ	$\frac{a}{h}$
1,50	78° 46′	52° 4′	0,386
1,51	78° 38′	51° 51′	0,391
1,52	78° 30′	51° 39′	0,396
1,53	78° 21′	51° 27′	0,402
1,54	78° 13′	51° 15′	0,407

Die Werte von ω, ϱ und $\frac{a}{h}$ ergeben sich der Reihe nach aus den Gleichungen (12), (8) und (9).

Die Lage der Maxima ist bestimmt durch

$$\Delta = \frac{(2\mu+1)\lambda}{2} \qquad (\mu = 1, 2, 3, \ldots). \qquad (13)$$

Die zugehörigen Winkelwerte ergeben sich aus einer Gleichung 4. Grades. In erster Näherung ergibt sich nun aus (6) unter Berücksichtigung von (8), also wenn $d\omega$ die Abweichung von dem Winkelwert ω_0 des extremen Gangunterschiedes darstellt:

$$\Delta = \frac{h \cdot \cos\omega_0}{n}[p^2 - n^2]\, d\omega^2 \qquad (14)$$

oder

$$\left.\begin{aligned} d\omega &= \sqrt{\frac{n\cdot\Delta}{h\cdot\cos\omega_0\cdot(p^2-n^2)}} \\ &= \sqrt{\frac{(2\mu+1)n}{2\cdot\cos\omega_0(p^2-n^2)}\cdot\frac{\lambda}{h}} \end{aligned}\right\} \qquad (15)$$

Es sind also in erster Näherung die Abstände der Interferenzstreifen von dem Minimum des Gangunterschiedes proportional den Quadratwurzeln aus den ungeraden Zahlen, wie auch bei den Newtonschen Ringen. Die ersten Potenzen von $d\omega$ verschwinden bei der Ableitung identisch. Mit geringer Abänderung gilt die Ableitung auch für einen beliebigen endlichen Extremwert von Δ. Für endliche Winkeldifferenzen verschwindet die Symmetrie.

Für Strahlen endlicher Neigung folgt nach einer ziemlich umständlichen Rechnung, die ich der Kürze halber hier nicht wiedergebe[1])

$$\left.\begin{aligned} \pm\Delta = 2a\sin(\varrho+\omega)\cos\vartheta \\ - 2h\big(\sin\varrho\sqrt{n^2-1+\cos^2\vartheta\cdot\cos^2\omega} \\ - \cos\vartheta\cdot\cos\varrho\cdot\sin\omega\big), \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

wobei ϑ die Neigung der Strahlen gegen den Hauptschnitt darstellt. Die Formel geht für $\vartheta = 0$ in die oben für den Hauptschnitt abgeleitete über. Wie schon aus der zum Hauptschnitt symmetrischen Anordnung folgt, ist die Erscheinung selbst symmetrisch zum Hauptschnitt, denn der Gangunterschied für Werte $\pm\vartheta$ ist der gleiche.

Durch Entwicklung nach Potenzen von ϑ läßt sich zeigen, daß, wenigstens in unmittelbarer Nähe von ω_0, einem Minimum des Gangunterschiedes, die Interferenzkurven geschlossene Kurven sind, die in erster Näherung als Ellipsen anzusprechen sind.

Die Abhängigkeit der Lage des Minimums des Gangunterschiedes, das ich kurz als Zentralpunkt der Erscheinung bezeichne, von der Verschiebung der Platte ergibt sich aus Gleichung (7). In Fig. 3 ist diese Abhängigkeit des Winkels ω_0 von $\frac{a}{h}$ dargestellt und zwar für den Fall $n = 1{,}5$ und $\varrho = 50°$. Es folgt daraus, daß der Zentralpunkt der Erscheinung mit wachsendem $\frac{a}{h}$ zu kleineren Winkeln ω_0 wandert und daß die Abnahme der Winkel mit stetig zunehmendem $\frac{a}{h}$ wächst.

1) Die Ableitung geschah mit Hilfe der von M. Lange in seiner Dissertation (Rostock 1909) abgeleiteten Formeln, welche in sehr bequemer Weise die optische Länge ergeben.

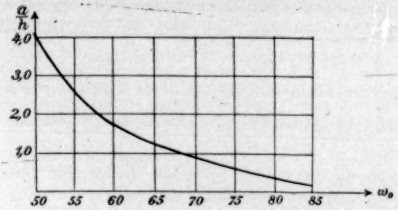

Fig. 3.

Geht man nun von dem monochromatischen Licht der Wellenlänge λ, dem der Brechungsindex n des Prismenmaterials zugeordnet sei, über zur Wellenlänge $\lambda + \partial\lambda$, so folgt, daß die Zentralpunkte für die beiden Wellenlängen nicht zusammenfallen. Aus Gleichung (6) folgt zunächst für den Gangunterschied

$$\Delta_{\lambda+\partial\lambda} = \Delta_\lambda + \frac{2h \cdot d\,n \cdot \sin\varrho}{\cos\omega'}, \qquad (17)$$

wobei der Wellenlänge $\lambda + \partial\lambda$ der Brechungsindex $n - d \cdot n$ entspricht. Das Minimum des Gangunterschiedes für die Wellenlänge $\lambda + \partial\lambda$, welches durch die Bedingung

$$\frac{d(\Delta_{\lambda+\partial\lambda})}{d\omega} = 0$$

gegeben ist, kann also nicht gleichzeitig mit der Bedingung

$$\frac{d\Delta_\lambda}{d\omega} = 0$$

bestehen.

Zur Orientierung über die Größenverhältnisse sei in Fig. 4 die Abhängigkeit des Gangunterschiedes vom Einfallswinkel gegeben, aus welcher unmittelbar hervorgeht, daß der Durchmesser des ersten Ringes, in der Lage $\Delta = 0$ ein Minimum vorausgesetzt, für den Fall

$n_D = 1{,}5175$, $\varrho = 51^0 34'$, $h = 10\,\text{mm}$

nahezu $^1/_2{}^0$ beträgt, also ohne starke Vergrößerung gut wahrnehmbar ist.

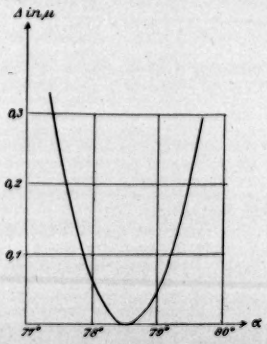

Fig. 4.

Alle diese Folgerungen habe ich, wenigstens qualitativ, geprüft an einem Glasprisma, dessen Brechungsexponent = 1,6489 war, und für welches der sich unter Zugrundelegung der Formeln (11), (12), (8) und (9) ergebende Prismenwinkel $\varrho = 48^0\,20'$ gewählt worden war bei einer Höhe von 10 mm.

Das Prisma P war auf einem horizontal gelagerten Tischchen befestigt (Fig. 5), welches mittelst dreier Stellschrauben regulierbar war. Ihm gegenüber war auf einem zweiten Tischchen der Spiegel S befestigt; das Spiegeltischchen war in Richtung der Halbierungslinie des Prismenwinkels parallel zu sich selbst beweglich.

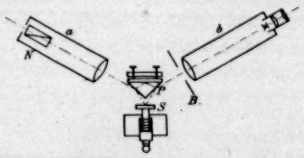

Fig. 5.

Das Licht einer Quecksilberlampe fiel durch das Kollimatorrohr a, dessen Spalt durch eine Irisblende ersetzt worden war, auf das Prisma auf und wurde mit dem Okularrohr b beobachtet. Es zeigten sich dann bei roher Justierung zwei Blendenbilder, welche unter Benutzung der Regulierschrauben des Prismentisches zur Deckung gebracht werden konnten. Sobald die Bilder sich deckten, traten Interferenzstreifen auf, die zunächst als Teile von Kreisen bzw. Ellipsen anzusprechen waren. Lag die Hauptebene des Prismas in der Ebene der optischen Achsen der Fernrohre, so erhielt man durch Verstellung des Spiegels gegenüber dem Prisma sehr leicht das Zentrum der Erscheinung, eine Anzahl gefärbter elliptischer Interferenzkurven. Diese erhielten ihre größte Schärfe, wenn hinter der Blende des Kollimatorrohres ein Nicholsches Prisma N angebracht wurde, dessen Polarisationsebene mit dem Hauptschnitt des Prismas zusammenfiel. Das direkt vom Spiegel in das Okularrohr eindringende Licht wurde durch eine passende, vor dem Objektiv des Okularrohres angebrachte Blende B vernichtet. Besonders hervorzuheben ist, daß die Interferenzkurven auch bei mäßiger Beschaffenheit der Flächen leicht zu erhalten sind, während die zu Interferenzversuchen benutzten Planparallel-

platten von sehr guter Beschaffenheit sein müssen, um einigermaßen definierte Streifen bzw. Ringe zu geben. Trotz der relativ geringen Ansprüche an die Vollkommenheit des Apparates ist seine Verwendungsfähigkeit als Meßapparat für geringe Längen bzw. Längendifferenzen eine sehr große. Die Beschreibung der Versuche und Messungen, welche mit Hilfe dieses Apparates ausgeführt worden sind, soll in einer besonderen Abhandlung erfolgen.

Optische Anstalt C. P. Goerz, Friedenau Februar 1911. (Eingegangen am 6. März 1911.)

Bemerkung zu einer Mitteilung des Herrn P. P. Koch.

Von J. Stark.

Beim Vergleich der im letzten Heft dieser Zeitschrift **12**, 268, 1911 erschienenen Mitteilung des Herrn P. P. Koch mit meiner vorausgehenden Mitteilung[1]) muß man schließen, daß Herr Koch diese entweder nicht genau gelesen oder mißverstanden hat. Ich habe in ihr dargelegt, daß es nicht auf den $\frac{n}{m}$ enthaltenden Faktor, sondern allein auf die Größe m ankommt, und habe bezüglich jenes Faktors und $\frac{n}{m}$ keine Versuche in Aussicht gestellt. In einem der nächsten Hefte der Annalen werden die von mir in Aussicht gestellten, nunmehr abgeschlossenen Beobachtungen über das photographische Schwärzungsgesetz veröffentlicht und im Anschluß daran die irrtümlichen Ansichten des Herrn P. P. Koch klargestellt werden, welche er in der vorliegenden von ihm begonnenen Diskussion und in seiner in den Annalen der Physik veröffentlichten spektralphotometrischen Untersuchung geäußert hat.

Aachen, 7. April 1911, Physik. Inst. d. Techn. Hochschule.

(Eingegangen 8. April 1911.)

1) Diese Zeitschr. **12**, 104, 1911.

BESPRECHUNGEN.

A. Johnsen (Kiel), **Wachstum und Auflösung der Kristalle.** Ein Vortrag, gehalten auf der 82. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Königsberg am 20. September 1910. gr. 8. 27 Seiten mit 10 Figuren. Leipzig, W. Engelmann. 1910. Preis 60 Pfg.

Redner sucht zum ersten Male eine Theorie zu begründen, welche Kristallwachstum und Kristallauflösung aus einem einzigen Prinzipe herleitet und insbesondere jeder Erscheinung der Auflösung eine solche des Wachstums gegenüberstellt. Unter konstanten Bedingungen geht ein Kristallkörper (d. h. ein Kristall von beliebiger natürlicher oder künstlicher Form) in untersättigter Lösung durch Übergangsformen — „Auflösungskörper" — hindurch in den „Endkörper der Auflösung" über, der bei weiterer Auflösung nur die Größe seiner Flächen, nicht aber deren Zahl und Art ändert: in übersättigter Lösung geht der Kristallkörper analog durch „Wachstumskörper" hindurch in den „Endkörper des Wachstums" über. Die Flächen dieser Endkörper ergeben, wenn man sie durch die Längen ihrer Achsenschnitte ausdrückt, im allgemeinen komplizierte Zahlen; diese Zahlen nähern sich den einfachen Zahlen des Hauyschen Gesetzes um so mehr, je weniger untersättigt oder übersättigt die Lösung ist, in der sich der Endkörper bildet. Hauys Gesetz der einfachen Zahlen gilt also im allgemeinen nur für einen Grenzfall, nämlich für die in gesättigter Lösung stabilen Flächen.

Die endgültige Flächenumgrenzung (Endkörper) des wachsenden Kristalles ist von dem Übersättigungsgrade abhängig, genau wie der endgültige Habitus (Endkörper) des sich auflösenden Kristalles von dem Untersättigungsgrade abhängig ist.

Ein idealer Kristall bleibt bei der Auflösung wie beim Wachstum konvex, nur auf unebenen Flächen bilden sich bei der Auflösung „Ätzgrübchen", beim Wachstum „Wachstumshügel"; unterwirft man also einen ebenflächigen Kristall der Auflösung, so entstehen die Flächen des Auflösungskörpers an den Ecken und Kanten, als ob sie angefeilt würden, und wandern von hier jede mit einer konstanten, ihr unter den betreffenden Bedingungen eigentümlichen Geschwindigkeit nach dem „Urpunkt der Auflösung" hin, in welchem der Kristall verschwindet: ebenso gehen beim Wachstum eines sich bildenden Kristalles die Flächen von dem „Urpunkt des Wachstums" aus und verschieben sich parallel sich selbst jede mit einer konstanten, ihr unter den betreffenden Bedingungen eigentümlichen Geschwindigkeit.

Unterwirft man einen unregelmäßigen, d. h. „verzerrten" Kristall dem Wachstum, so wird seine Form immer regelmäßiger, er wird idealisiert; unterwirft man ihn aber der Auflösung, so wird die Verzerrung immer stärker, er wird karikiert.

An den Endkörpern ändert sich, wie bemerkt, Zahl und Art der Flächen nicht, wohl aber ändert sich im allgemeinen das Größenverhältnis der Flächen; die Form des Endkörpers bleibt im allgemeinen nicht konstant und ist von der Form des Ausgangskörpers abhängig. Eine aus einem Kristall hergestellte Kugel bedeckt sich beim Wachstum mit Flächen kleinster Wachstumsgeschwindigkeit, bei der Auflösung aber mit Flächen größter Auflösungsgeschwindigkeit; unter Geschwindigkeit ist stets die Normalgeschwindigkeit der Flächenparallelverschiebung verstanden.

Alles dieses wird auf Grund besonderer mit Steinsalz angestellter Experimente aus einem einzigen Prinzipe hergeleitet, dem Prinzipe der „virtuellen Flächen", d. s. alle an dem betreffenden Kristallkörper nicht reell auftretenden, aber denkbaren ebenen Flächen, die man als Tangentialebenen an die Ecken und Kanten des Kristallkörpers legt, und von denen sich ebenda diejenigen in einer übersättigten oder untersättigten Lösung realisieren können, deren

relative Verschiebungsgeschwindigkeiten in einem bestimmten Spielraum liegen.

In 22 der 32 Kristallsymmetrieklassen sind der Urpunkt des Wachstums und derjenige der Auflösung miteinander sowie mit dem Schwerpunkte identisch und rein konstruktiv zu ermitteln; in den übrigen 10 Symmetrieklassen lassen sich die Urpunkte von vornherein nicht festlegen.

Autoreferat.

Berichtigungen.

In der Arbeit von W. W. Wood, Das Echelette-Gitter für das ultrarote Spektrum (diese Zeitschr. **11**, 1109, 1910), ist bei der Übersetzung 1 Zoll = 6,3 cm² gesetzt; es muß natürlich heißen 1 Zoll = 2,54 cm.

In meiner, diese Zeitschr. **12**, 261, 1911, publizierten Abhandlung „Über die Frage des Elementarquantums der Elektrizität", sind bei Partikel I (S. 264) die Zahlen der Kolonne Hebezeiten in sec und Fallzeiten in sec umzutauschen. Es soll also richtig lauten

Fallzeiten (14,0 .... 15,9) Hebezeiten (4,5 .... 4,4).

Felix Ehrenhaft.

Tagesneuigkeiten.

Starke Überfüllung des höheren Lehrfaches mit Kandidaten der Mathematik. Aus den Kreisen der Deutschen Mathematikervereinigung wird vor dem Studium der mathematischen Fächer, wegen der starken Überfüllung, die für die nächsten Jahre zu erwarten ist, gewarnt. Die Gesamtzahl der Studierenden der Mathematik an den preußischen Universitäten in der Höhe von 2000 übersteigt die Zahl der Anstellungsmöglichkeiten bereits um mindestens 600, so daß die jetzt mit dem Studium Beginnenden, wenn nicht die Zahl erheblich zurückgeht, vermutlich längere Zeit bis zur festen Anstellung werden warten müssen. Der normale Bedarf verlangt jährlich vielleicht 250 neue Mathematik Studierende, während in den letzten fünf Jahren gegen 400 vorhanden waren.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Universität München Dr. Rudolf Pummerer für Chemie, an der Universität Marburg Dr. E. Take für Physik und physikalische Technik, an der Technischen Hochschule Zürich Dr. S. Gugenheim für Elektrotechnik.

Ernannt: Der Privatdozent an der Universität Leipzig Dr. Heinrich Ley zum a. o. Professor der Chemie an der Universität Münster, der Professor der allgemeinen Chemie an der Universität von Chicago Dr. Alexander Smith in gleicher Eigenschaft an der Columbia-Universität in Newyork, der Privatdozent an der Universität Münster Prof. Dr. Max Dehn zum a. o. Professor der Mathematik an der Universität Kiel, Dr. phil. Adolf Eyme zum etatsmäßigen Chemiker bei der Geologischen Landesanstalt in Berlin, der Direktor der Siemens-Schuckert-Werke Professor Dr.-Ing. Walter Reichel zum ord. Professor für Elektrotechnik, insbesondere für den Bau elektrischer Bahnen an der Technischen Hochschule Berlin, der a. o. Professor der mechanischen Technologie an der Universität von Illinois George Alfred Goodenough zum ord. Professor der Thermodynamik daselbst.

Berufen: Der a. o. Professor an der Universität Wien Dr. Egon Ritter v. Schweidler zum ord. Professor der Physik an der Universität Innsbruck.

In den Ruhestand: Der Professor für Forstmathematik und Vermessungskunde an der Forstakademie Tharandt Geh. Hofrat Dr. Max Friedrich Kunze.

Gestorben: Der Ingenieur und Physiker Hans Hildebrand in Berlin-Wilmersdorf, der Professor an der School of Pharmacy der Pharmaceutical Society of Great Britain John Attfield in Ashlands, der ord. Honorarprofessor für chemische Technologie an der Freien Universität Brüssel Dr. Henri Bergé, der Professor für chemische Warenkunde an der Handelsakademie in Wien Schulrat Eduard Hanausek, der Professor für Physik und Photographie an der Techn. Hochschule Darmstadt Prof. Dr. Karl Fritsch.

Die **Liste der Demissionen an der Universität Moskau** ist zu vervollständigen: Prof. Dr. V. Ceraski (Astronomie) und die Privatdozenten S. Finikov (Mathematik), A. Reformatsky (Chemie), J. Samoilov (Mineralogie) und A. Pavlov (Mineralogie).

Aus der Gesamtzahl von **91** Professoren und **274** Privatdozenten haben **11** emeritierte Professoren, **14** etatsmäßige Professoren und **79** Privatdozenten ausscheiden müssen. Die **11** emeritierten Professoren haben statutsmäßig die Berechtigung, ihre Vorträge bis zum Semesterschluß (14. Mai) fortzusetzen. Die **14** etatsmäßigen Professoren mußten, nachdem ihre Demissionen genehmigt waren, die Vorlesungen und die Arbeit in den Instituten mitten im Semester abbrechen; gleichfalls mußten die **79** Privatdozenten ihre Vorlesungen sofort einstellen.

Berichtigung zur Notiz in dieser Zeitschr. **12**, 224, 1911. Statt Prof. Dr. Capligin lies Prof. Dr. Tschapligin (Mechanik), statt A. Tetov lies Prof. A. Titov (Chemie).

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1911.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik II: Optik, Thermodynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Meyer), a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl. — **Seitz:** Theoretische Physik: Theorie der elektrischen Schwingungen und elektromagnetische Lichttheorie, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Wärme, Schall, Licht, 2. — **Meyer:** Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Drahtlose Telegraphie, mit Demonstrationen, 1. — **Polis:** Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen, 1. — **Steubing:** Photographie I, für Anfänger, 1, Übungen, 2 bis 3; Theorie der Wärmestrahlung, 1. — **Timpe:** Ausgewählte Kapitel der Hydrodynamik, 1. — **Grotrian:** Allgemeine Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch:** Elektrische Bahnen, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi:** Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2, Übungen, 2; Elektromotorische Antriebe in Berg- und Hüttenwerken, 2. —

Bredt: Organische Experimentalchemie I, 4; Allgemeine Übersicht über die organische Chemie, 2; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen:** Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Scheen, Hallmann und Weise); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau:** Chemische Technologie II, 2, IV, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **Ruer:** Physikalische Chemie II, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **v. Kapff:** Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Fischer:** Maßanalyse, 1; Ausgewählte Kapitel der Elektrochemie, 1. —

Blumenthal: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Praxis der Differentialgleichungen, 2 g. — **Kutta:** Höhere Mathematik III, 3; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1. — **Kötter:** Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Elemente der darstellenden Geometrie, 2, Zeichnen, 2.

— **Reißner**: Mechanik I, 4, Übungen, 1, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 3. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Geographische Ortsbestimmung, 2; Eisenbahntrassieren, 2. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen II, 3, Übungen, 1 Tag; Ausgleichungsrechnung, 1, Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik I, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon und Zickendraht), 8; Demonstrationen für Lehramtskandidaten, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **VonderMühll**: Einleitung in die mathematische Physik, 5 (1 *g*), Übungen, 2 *g*; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Handfertigkeitspraktikum (mit Zickendraht), 2. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung II, 2. — **Zickendraht**: Magnetismus (theoretisch), 1. —

Rupe: Chemisches Vollpraktikum, tägl.; Chemie der Benzolderivate, 3; Chemisches Kränzchen (mit Fichter), 1 *g*. — **Fichter**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9; Chemisches Vollpraktikum: Anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten, tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. —

Fueter: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen zur Integralrechnung, 1 *g*; Partielle Differentialgleichungen, 4, Seminar (mit Spieß), 1 *g*. — **Riggenbach**: Ausgewählte Abschnitte der sphärischen Astronomie, 2. — **Spieß**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 5. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Theoretische Optik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger I und II (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius**: Medizinerkurs, $3^1/_2$; Übungen, 1 *g*. — **Neesen**: Atmosphärische Elektrizität, Gewitter und Blitzableiter, 1 *g*. — **E. Meyer**: Technische Physik der Verbrennungskraftmaschinen, 2. — **Krigar-Menzel**: Theorie der Elastizität und Hydrodynamik, 4. — **F. Martens**: Elektrische und magnetische Demonstrationsversuche, 2 *g*. — **Weinstein**: Theorie der Wärmeverbreitung, 3; Naturgesetze, 1 *g*. — **Börnstein**: Experimentalphysik II, 5; Physikalische Unterrichtsübungen, 4; Physikalische Arbeiten, tägl. — **Fock**: Atom- und Elektronentheorie, 1; Ausgewählte Kapitel der Kristallographie, 1 *g*. — **Gehrcke**: Elemente der höheren Mathematik, $1^1/_2$. — **Grüneisen**: Eigenschaften der Wechselströme, 2. — **Kiebitz**: Elektrische Schwingungen, 1. — **O. Hahn**: Radioaktive Probleme, 1. — **Henning**: Thermodynamische Temperaturskala und Temperaturmessung, 2. — **v. Baeyer**: Neuere Arbeiten aus der Physik, 1. — **Regener**: Gasentladungen (experimentell), $1^1/_2$. — **Reichenheim**: Physik der Sonne, mit Experimenten, 1. — **Hellmann**: Theorie und Gebrauch der meteorologischen Instrumente, 2; Meteorologisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 1 *g*; Anleitung zu meteorologischen Arbeiten (Übungen), 20 *g*. — **Schmidt**: Geophysikalische Anwendungen oszillierender Funktionen, 2; Geophysikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*. — **Leß**: Einführung in die Klimatologie, 1; Über die jeweiligen Witterungsvorgänge, 1 *g*. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, 1. —

Fischer: Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Diels, Leuchs und Stähler), tägl., Kursus für Mediziner, 6. — **Nernst**: Anorganische Chemie, 5; Kinetische und thermodynamische Theorien chemischer Prozesse, 1 *g*; Physikochemisches Kolloquium, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit v. Wartenberg), tägl. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, mit Experimenten und Exkursionen, 4; Übungen für Anfänger und Geübtere, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen: Methoden der chemischen Technik, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II, 5; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Chemisch-analytische Übungen im Pharmazeutischen Institut, tägl. — **Biedermann**: Sprengstoffe, 2; Künstliche Farbstoffe, 2. — **Gabriel**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Pschorr**: Alkaloide, 1. — **Rosenheim**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit R. J. Meyer), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **Traube**: Quantitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **R. J. Meyer**: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g*. — **Spiegel**: Chemische Konstitution und physiologische Wirkung, 1. — **Neuberg**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate (organisch-chemisches Praktikum), tägl.; Tier- und pflanzenchemische Übungen, 6. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1 *g*. — **Koppel**: Anorganische Isomerie, 1 *g*. — **Diels**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Meisenheimer**: Organische Experimentalchemie, 3, Ergänzungen, 2; Theorie der Gärung, mit Experimenten, 1; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Byk**: Kinetische Gastheorie und ihre Stellung innerhalb der Physik, 1. — **Großmann**: Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, 1; Technische Exkursionen und Besichtigung von Fabrikanlagen, 2, Erläuterungen, 1 *g*. — **Löb**: Elektrochemie I, 1; Physikalische Biochemie I, 1; Physiologisch-chemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Experimentierkunst des Theophrastus Paracelsus, 1. — **Mannich**: Qualitative chemische Analyse, unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1; Quantitative chemische Analyse unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1. — **v. Wartenberg**: Physikalisch-chemische Rechenübungen, 1 *g*. — **Stähler**: Spezielle anorganische Chemie mit Experimenten, 3. — **Houben**: Chemische Entdeckungen und ihre Geschichte, 1. — **Weigert**: Theoretische Grundlagen chemisch-technischer Prozesse, 1. — **Lenz**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, $1^1/_2$; Mikrochemische Analyse (Übungen), 2. — **Leuchs**: Chemie der Kohlenhydrate, 1. — **Eucken**: Die Wahrscheinlichkeitstheorie in der Naturwissenschaft, 1. — **Pringsheim**: Chemie der Pflanzenstoffe, 1 *g*. —

Schwarz: Integralrechnung, 4. Übungen, 14tägig, 2 *g*; Variationsrechnung, 4; Ausgewählte Anwendungen der elliptischen Funktionen, 2 *g*; Mathematische Kolloquien für Vorgeschrittenere, 14tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der mittelalterlichen Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Zustände und Erscheinungen der obersten Regionen der Erdatmosphäre, 1 *g*. — **Helmert**: Schwerkraft und Erdgestalt, 1; Landesaufnahme, 1 *g*. — **Frobenius**: Theorie der algebraischen Gleichungen II, 4. — **Schottky**: Funktionentheorie II, 4; Krümmungstheorie der Kurven und Flächen, 4. — **Struve**: Praktische Astronomie, mit Übungen an den In-

strumenten, 3. — **Cohn**: Potentialtheorie: Figur und Rotation der Himmelskörper, 3; Neuere Theorien der Himmelsmechanik, 2; Übungen zur sphärischen Astronomie, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Störungen der Mond- und Planetenbewegung, 1 *g*. — **Hettner**: Einführung in die Determinantentheorie, 2. — **Knoblauch**: Theorie der krummen Flächen II, 4; Analytische Geometrie, 4; Theorie der Raumkurven II, 1 *g*. — **Scheiner**: Himmelsphotographie, 1; Kolloquium, 1 *g*. — **Marouse**: Theorie und Handhabung geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischer Instrumente, mit Übungen und Demonstrationen, 1½; Luftschiffahrt in allgemeiner Darstellung mit Lichtbildern, 1. — **Schur**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Einleitung in die Funktionentheorie, 4. — **Kohlschütter**: Geographische Landmessung II, 1, Übungen, 1 Nachmittag *g*. — **Witt**: Dioptrik des Fernrohrs, 2; Einführung in das wissenschaftliche Rechnen, 2. —

Technische Hochschule Berlin.

Kurlbaum: Experimentalphysik, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8. — **F. Dolezalek**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik I, 2; Elektromagnetismus und Induktion mit besonderer Berücksichtigung der Elektrotechnik, 4; Grundzüge der Elektrochemie, 2. — **Krigar-Menzel**: Theorie des Lichts, 4; Theorie der Wärmeleitung und der Strahlung, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, Übungen, 10. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen II, 2; Die Meßinstrumente des Chemikers, 2. — **Glatzel**: Meßapparate und Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie nebst Demonstrationen, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorien, 2; Grundzüge der Energetik, 2. — **Zehnder**: Angewandte Physik: Allgemeine Übersicht über technische Betriebe, mit Projektionen und Exkursion, 2; Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 3—6. — **Kaßner**: Luft, Luftdruck, Sonnenschein, Wind, Temperatur, Gewitter, 1. — **Slaby**: Elektromechanik I: Einführung in die Elektrotechnik, 4, II: Hochfrequenztechnik und Theorie der Wechselstrommotoren, 2, Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit Wedding), 4 Tage. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Franke**: Elektrische Schwachstromanlagen, 2, Übungen, 4; Das Bergwerks-, Feuer- und Unfallmeldewesen, 2. — **N.N.**: Elektromaschinenbau I und II, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4; Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Wedding**: Übungen in Elektromechanik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Beleuchtungstechnik, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Experimenten, 2. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Gerstmeyer**: Prüfung elektrischer Maschinen und Apparate, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 1; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 1. — **Zehme**: Elektrische Stadtschnellbahnen und Vorortsbahnen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen und Festigkeitslaboratorium, 3; Technische Physik der Verbrennungskraftmaschinen, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Leist**: Technik der Kälteerzeugung, 4; Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. — **v. Parseval**: Aeronautische Triebwerke, 1. —

Hofmann: Experimentalchemie II, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 1; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie II: Aromatische Reihe, zyklische Verbindungen, Farbstoffe, Alkaloide usw., 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Fischer**: Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Angewandte Elektrochemie: Elektrometallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, quantitative Analyse durch Elektrolyse, 4. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Photochemie und photomechanische Prozesse, 2; Konstruktionstypen photographisch-optischer Instrumente, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium für Photochemie, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittelanalyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und verwandter Produkte: Schmieröle, Treiböle, Leuchtöle, Paraffin, Zeresin, Asphalt usw., 2. — **Traube**: Thermochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Radioaktivität und Elektronentheorie, 1. — **Witt**: Chemische Technologie I, 4; Glas, Keramik, Apparatenkunde, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Technische Anwendungen der physikalischen Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern I, 1. — **Byk**: Chemie der photographischen Prozesse, 1. — **Guertler**: Die heterogenen Gleichgewichte, 2. — **Hauser**: Einführung in die mathematische Behandlung chemischer Probleme, 2; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, für Anfänger, 2. — **Hilpert**: Kolloquium über physikalisch-chemische Fragen aus der Hüttenkunde, 1. — **Hinrichsen**: Chemische Atomistik, Einführung in die theoretischen Grundanschauungen der modernen Naturwissenschaft, 1 *g*. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Lehmann**: Über Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Ausgewählte Kapitel aus der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Terpene und Kampfer, 1. — **Wolffenstein**: Die neueren Arzneimittel und ihre Fabrikation, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Mechanik, 4. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Niedere Analysis und Algebra, 2; Variationsrechnung, 2; Funktionentheorie II, 2; Repetitorium der höheren Mathematik: Differential- und Integralrechnung, sowie analytische Geometrie I, 2. — **Fuchs**: Elliptische Funktionen, 2. — **Lichtenstein**: Fouriersche Reihen mit Anwendung auf die mathematische Physik, 2. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4 und 2; Geodätisches Praktikum II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Planzeichnen, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik I: Allgemeine Physik, Akustik, Optik, 6; Wärmelehre (Schluß), 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, für Anfänger, 4, für Vorgeschrittene, nach Verabredung; Theoretisch-praktischer Kurs der Photographie, 2. — **Gruner**: Ausgewählte Kapitel aus der kinetischen Gastheorie, 1; Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Theorie der Strahlung, 2. — **Blattner**: Elektrische Bahnen, 1; Grundzüge der Elektrotechnik, 1. — **Luterbacher**: Mechanik II: Flüssigkeiten und Gase, 2; Elemente der Meteorologie, 1. —

Kohlschütter: Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Spezielle Chemie und Elektrochemie der Schwermetalle und Nichtmetalle, 4; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8; Praktikum für Gasanalyse (mit Ephraim), 3. — **Tambor**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organisches Praktikum, tägl.; Einführung in die Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Repetitorium der Chemie der karbo- und heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Lampe**: Neuere Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Ephraim**: Analytische Chemie, 3; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Woker**: Physikalisch-chemische Biologie, 2—3; Kolloquium über Probleme der physikalisch-chemischen Biologie, 1; Die für die Biologie wichtigen Kapitel aus dem Gebiete der Katalyse, 1; Die Fermente, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

Graf: Kugelfunktionen II, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen II, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung, mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), $1^1/_2$. — **Ott**: Algebraische Analysis I, 2; Differentialrechnung, 2; Analytische Geometrie der Ebene I, 2; Goniometrie und ebene Trigonometrie, 2; Mathematische Übungen, 1. — **Huber**: Sphärische Astronomie II, 2; Analytische Geometrie des Raumes mit Theorie der Flächen zweiten Grades, 3; Theorie der Enveloppen und Brennlinien, 2. — **Mauderli**: Orientierung am Himmelsgewölbe nach Sternbildern und Sternkoordinaten, 1, Übungen, 1 Abend. — **Benteli**: Elemente der darstellenden Geometrie, 4; Praktische Geometrie, Übungen auf dem Terrain, 3. — **Crelier**: Synthetische Geometrie I, 2; Zentralprojektion, 2; Nichteuklidische Geometrie (Fortsetzung), 1—2. — **Moser**: Versicherungsmathematik: Das Gesetz der mittleren Krankheitsdauer in der Theorie der Krankenversicherung und sein Zusammenhang mit Besselschen Funktionen, nach Verabredung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Anwendungen, 2—3. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eversheim**: Die elektrischen Meßinstrumente, 1; Die Anwendung der Elektrizität bei spektroskopischen Arbeiten, 1; Grundzüge der Elektrotechnik, 1 *g*. — **Pflüger**: Theorie des Lichtes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Bucherer**: Einführung in die mathematische Physik, 2 *g*. — **Grebe**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Luftschiffahrt, 1 *g*. — **Bernoulli**: Fouriersche Reihen mit Anwendungen auf physikalische Probleme, 1. —

Anschütz: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie II: Thermochemie und Elektrochemie, 2; Hauptanwendungen der Thermodynamik in der Chemie, 1 *g*; Analytische Chemie II: Maß-, Gas- und Elektroanalyse, 2; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*; Gasanalytische Übungen (mit Gewecke), 3 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie II (organisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1; Arzneimittelprüfung, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Kippenberger**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemische Technologie, organischer Teil, ausschließlich der Farbstoffchemie, mit Exkursionen, 2; Besprechung technisch-chemischer Betriebskontrollen, 1 *g*; Einführung in die chemische Großtechnik II: Organisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1. — **Laar**: Wissenschaftliche Grundlagen der photographischen Verfahren, 1; Photographische Chemie II: Organische Verbindungen, 1; Wissenschaftlich-photographisches Praktikum, tägl. — **Mannheim**: Chemie der Drogen und Pflanzenstoffe, 2; Übungen in Wasser- und Harnanalyse, tägl. — **Meerwein**: Aromatische Verbindungen oder Benzolderivate, 3. — **Gewecke**: Polarimetrie und Refraktometrie und ihre Anwendungen in der Chemie, mit Übungen, 1; Übungen in Unterrichtsversuchen, 2. —

Study: Einleitung in die Differentialgeometrie, 4; Mathematisches Seminar: Oberstufe (mit London), 14tägig, 2 *g*. — **London**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Axonometrie und Perspektive mit Zeichenübungen, 2. — **Hausdorff**: Theorie der Differentialgleichungen, 4; Behandlung einfacher Aufgaben für mittlere Semester (mit J. O. Müller und Blaschke). — **C. Müller**: Einführung in die Geodäsie mit Übungen, 2 *g*. — **J. O. Müller**: Variationsrechnung, 3. — **Blaschke**: Algebraische Gleichungen: Galoissche Theorie, 4, Übungen (mit J. O. Müller), 2. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen II, 3; Astronomisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Mönnichmeyer**: Himmelsmechanik I, 2 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4; Thermodynamik, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I und II (mit Rau); Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Rau**: Entladung der Elektrizität durch Gase, 1; Theorie der Wechselströme, 1. — **Bergwitz**: Atmosphärische Elektrizität, 1. — **Peukert**: Elektrotechnik, 4; Elektromotoren, 2; Grundzüge der Elektrochemie, 2; Blitzableiter und elektrische Sprengmethoden, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Koch), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Koch), für Fortgeschrittenere. — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Mosler**: Telegraphie und Telephonie, 2; Die elektrische Ausrüstung der Hebezeuge, 1; Drahtlose Telegraphie, 2; Einführung in die Automobiltechnik, 1. — **Limmer**: Photographische und farbenphotographische Übungen, 4; Einführung in die allgemeine Photographie, 2 *g*; Farbenphotographie, 1. —

Meyer: Organische Experimentalchemie, 6; Chemische Technologie der Faserstoffe, 1; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Posner); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Chemisch-technische Rechnungen, 1; Heizstoffe und Kesselspeisewasser, 2, Übungen, 1. — **Baur**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie I, 4; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Sichling). — **Reinke**: Chemische Technologie II 2, 4; Chemisch-technische Analyse II, 2; Enzyme, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Rinckleben), Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*. — **Beckurts**: Abwässerreinigung, 1; Wasser- und Harnuntersuchung, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle (mit Troeger, Peters, Frerichs und Emde). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2; Gasanalyse, 1, Praktische Übungen. — **Emde**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie mit besonderer Berücksichtigung der stickstoffhaltigen Verbindungen, 1. —

Fricke: Analytische Geometrie und Algebra, 2; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2; Einleitung in die Funktionentheorie, 2; Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Algebra, 2; Geometrie der Bewegung, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik I: Statik, 6, Übungen und Repetitorium, 3, III: Hydraulik, 4, Übungen und Repetitorium, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie des Brückenbaues,

1. — **Näbauer**: Geodäsie II, 3, Übungen, 1; Grundzüge der sphärischen Astronomie: Direkte astronomische Bestimmung der geographischen Koordinaten und des Azimuts, 2, Übungen, 2; Vermessungsübungen I (mit Biersack), 5, II, 9; Planzeichnen (mit Biersack), Übungen, 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl., für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 oder 6, für Pharmazeuten (mit Ladenburg), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*. — **Pringsheim**: Theoretische Physik VI: Kinetische Theorie der Materie und der Elektrizität, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik II, 2. — **Ladenburg**: Elektromagnetische Wellen und drahtlose Telegraphie, mit Experimenten, $1^1/_2$. — **von dem Borne**: Grundriß der Witterungskunde, unter besonderer Berücksichtigung wirtschaftlicher und hygienischer Gesichtspunkte, 1 *g*; Physik der Erdfeste: Geophysik, 2; Geophysikalische Übungen und Besprechungen, *g*. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

N. N.: Allgemeine Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 6; Chemisches Kolloquium (mit Braun), 14tägig, 2 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im chemischen Institute, analytische Abteilung (mit Braun), ganz- oder halbtägig, organische Abteilung, ganztägig; Chemische Kurse für Mediziner und Landwirte, 4. — **Gadamer**: Anorganische Experimentalchemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Ehrlich**: Landwirtschaftliche Technologie II: Die Gärungsindustrien, mit Exkursionen, 2; Die Enzyme und ihre Bedeutung für das Pflanzen- und Tierleben, 1 *g*; Die Verteilung der Milch (Molkerei usw.), 1; Chemische, biochemische und technische Arbeiten im landwirtschaftlich-technologischen Institut, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen und Untersuchungen auf dem Gebiete der Zucker-, Brennerei- und Brauereitechnik, 4. — **Braun**: Analytische Chemie II, 1; Chemische Tagesfragen, 1; Besprechung der analytischen Arbeiten, für Anfänger, 1 *g*, für Vorgeschrittene, 1 *g*. — **Herz**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Physikalische Chemie I, 2; Thermochemie und Thermodynamik, 1; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Sackur), 1 *g*. — **Sackur**: Die Beziehungen zwischen chemischer Konstitution und physikalischen Eigenschaften, 2; Einführung in die Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Fischer**: Die Adsorption, 1. — **Gaebel**: Übungen im stöchiometrischen Rechnen für Anfänger, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Nahrungsmittel, 2. — **Langheld**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. —

Sturm: Geometrische Verwandtschaften I, 4; Polyeder, 1; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Funktionentheorie, 3; Fouriersche Reihen und Differentialgleichungen der Physik, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars über Fouriersche Reihen, 2 *g*. — **N. N.**: Vorlesungen aus dem Gebiete der Mathematik. — **Franz**: Sphärische Astronomie, 4; Grundlagen der astronomischen Ortsbestimmung, 1 *g*; Großes astronomisches Praktikum, tägl.; Kleines astronomisches Praktikum, 2. — **Schnee**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen zur Differentialrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie, 2. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Flugzeuge, 2; Aeronautische und meteorologische Übungen, 2; Grundzüge der Meteorologie, 1; Physik der Erdfeste, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik I und II, 4; Elektromaschinenbau II, 2; Apparatebau, 2; Übungen im Elektromaschinenbau und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 4, II, 6, III, 8. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrische Kraftanlagen, 2, Übungen, 4. — **N.N.**: Telephonie, 2. —

Schenck: Physikalische Chemie I und II, 2; Anorganische Technologie I und II, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittenere, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit Semmler und Stock), 14tägig, 2 *g*. — **Semmler**: Großes organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Kleines organisch-chemisches Praktikum, 10; Organische Experimentalchemie, 4; Abriß der organischen Chemie, 2. — **Stock**: Anorganisch-chemisches Praktikum, ganz- oder halbtägig, tägl.; Analytische Chemie, 3. — **Nauß**: Einführung in die Gastechnik, 1. —

Carathéodory: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Höhere Mathematik für Chemiker und Hüttenleute, 3, Übungen, 1; Ausgewählte mathematische Probleme der Technik, 4. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Steinitz**: Höhere Mathematik I, 4, Übungen, 4; Vektoranalysis, 2. —

Bergakademie Clausthal i/H.

Valentiner: Physik II, 5; Physikalisches Praktikum; Mechanische Wärmetheorie, 2. —

Biltz: Allgemeine Chemie II, 7; Elektrolytische Dissoziation, 1; Qualitative und quantitative chemische Analyse, Praktikum, tägl.; Maßanalyse, 3; Lötrohrprobieren II, 3. — **Mecklenburg**: Elektrolyse, mit Übungen, 3. — **N.N.**: Gasanalyse, mit Übungen, 3. —

Rothe: Höhere Mathematik (Integralrechnung) und Mechanik II, 7; Mathematisches Praktikum, 3 *g*; Abriß der Ausgleichungsrechnung, 2. —

Universität Czernowitz.

v. **Geitler**: Experimentalphysik II, $4^1/_2$; Physikalisches Praktikum für Anfänger II, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Optik: Interferenz, Beugung, Doppelbrechung, 2 *g*. — **Radakovic**: Elektrizität und Magnetismus (Fortsetzung), 5; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*; Proseminar für mathematische Physik, 2 *g*. — **Conrad**: Einleitung in die Meteorologie II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Meteorologie II, 1. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie II, 5; Pharmazeutische Chemie, 3; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Praktische Übungen für Vorgeschrittene, tägl. —

Plemelj: Funktionentheorie, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Hahn**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2 *g*; Theoretische Arithmetik (Fortsetzung), 2. —

Technische Hochschule Danzig.

Zenneck: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, 4; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen, 3; Arbeiten im photographischen Laboratorium, für Fortgeschrittene, 3. — **Straßer**: Spektroskopie, 1. — **Roeßler**: Elektrotechnik I, 4, Laboratorium

I, 4, II, 2, Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 1, Übungen, 4. — **Roth**: Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Grix**: Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 2. — **Wex**: Post und Telegraphenamt, 1. —

Ruff: Anorganisch-chemische Technologie I, 3, III: Technische Elektrochemie, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organisch-chemische Technologie I, 4, II, 4; Untersuchung von Heizstoffen und Gasanalyse, 3; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie II: Thermodynamik, Chemische Prozesse, Elektrochemie, Photochemie, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum II, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Plato**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Jellinek**: Angewandte physikalische Chemie II: Anwendung der theoretischen Elektrochemie auf technische Prozesse (Elektrolytische Chlorindustrie, Akkumulatoren), sowie Grundzüge der Metallographie, 2. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 1. — **Lorenz**: Einführung in die Mechanik, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2 *g*. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 3. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1; Einführung in die höhere Mathematik, 5; Vektoranalysis, 1. — **v. Brunn**: Himmelsmechanik I, 2. — **Pröll**: Anleitung zur Behandlung mechanischer Aufgaben, 1, Übungen, 2; Theorie der Propeller für Luftfahrzeuge, 1 *g*; Kreiseltheorie und ihre Anwendungen, 1. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Praktische Übungen im Feldmessen, 4; Geodätisches Praktikum I und II, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Elektrische Schwingungen und elektrische Wellen, Maxwells Theorie der Elektrizität, 2. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrostatik, Elektrische Ströme, 4, Repetitorium, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente II, 2; Populäre Astronomie, 2. — **N.N.**: Photographische Übungen mit einleitenden Vorträgen, 2; Einführung in die Elektronentheorie, 1 *g*. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde I: Meßinstrumente und Meßmethoden, 2; Grundzüge der Telegraphie und Telephonie, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, ½ Tag. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Gleich- und Wechselstromtechnik, Theoretischer Teil, 4, Übungen (mit Petersen), 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), tägl.; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittenere, nach Verabredung. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Hebemaschinen und industrielle elektrische Betriebe, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern, Kolloquium, 1 *g*. —

Wöhler: Anorganische Experimentalchemie, sperieller Teil, 4; Theoretische Chemie I, 2; Chemisches Praktikum (mit Kolb, D'Ans und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Teerfarbstoffe, 4; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färbereipraktikum (mit Schwalbe), nach Verabredung. — **Kolb**: Elemente der Agrikulturchemie, 3; Analytische Chemie I, 2; Methoden der organischen Analyse, 1; Kolloquium über anorganische Chemie, 1. — **Schwalbe**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 1; Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation, 1 *g*; Natürliche und künstliche Riechstoffe, 1 *g*; Synthese und Konstitutionsermittlung organischer Stoffe, 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Färberei-Praktikum, nach Verabredung. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 2, Organischer Teil, Repetitorium, 1; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmakognosie, 1, Übung, 1. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 2; Metallurgie, 2; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Elektrochemie, 1; Hüttenmännische Probierkunst, mit Übungen, 2. — **Moldenhauer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Elektrochemie, 1 *g*; Elektrochemische Übungen, 3 *g*; Die Methoden der chemisch-technischen Analyse, 1. — **Vaubel**: Theoretische Chemie II, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, 1½; Photochemie, 1. — **D'Ans**: Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen Chemie, 2; Chemie der Mineralogie und Geologie, 1. — **Sonne**: Chemisch-technische Untersuchung von Explosivstoffen, 1. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8, Übungen, 1. —

Graefe: Repetitorium der Elementarmathematik, 3, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der höheren Mathematik, 2. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Differentialgleichungen, nebst Anwendungen, 3. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 3; Höhere Mathematik II, 2, Übungen, 1. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Kurvenkonstruktionen, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Das Problem der genauen und der angenäherten Geradführung, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 3 Nachmittage; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen A, 4. — **N.N.**: Katasterwesen, 1; Geodätische Übungen II, 4; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen B, 2. — **N.N.**: Geographische Orts- und Zeitbestimmung, 2, Übungen, 2. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik I, 6; Hydrodynamik, 1; Reine Kinematik, 2. — **Blneß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik II: Elektrizität II, Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler) I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20. — **Luther**: Photographische Optik, mit Übungen und Demonstrationen, 2; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institut, ganz- und halbtägig. — **Toepler**: Theoretische Physik I: Ausgewählte Abschnitte aus der Mechanik, 3. — **Dember**: Radioaktivität, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik I, 3; Theorie des Wechselstromes I, 4; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 4; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau I, 2, III, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen für Elektroingenieure, 12, für Maschinen- und Fabrikingenieure, 4. — **Barkhausen**: Telephonie und

Telegraphie, 2; Drahtlose Telegraphie und Telephonie, 1. —

Hempel: Experimentalchemie (anorganische), 6; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organisch-technische Chemie, 3; Geschichte der Chemie, besonders der chemischen Technik seit Beginn des 19. Jahrhunderts, 1; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Foerster**: Physikalische Chemie I, zugleich Einführung in die Elektrochemie, 3, II (Fortsetzung), 1 *g*; Elektrische Öfen, 2; Praktikum für Elektrochemie, 12; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie und chemische Technologie der organischen Farbstoffe, 5; Praktikum für Farbenchemie, 12; Praktikum für Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend. — **Lottermoser**: Experimentalchemie der Kolloide, 1. — **v. Walther**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen der Chemie des Piridins und Chinolins, 2. — **Dietz**: Die chemische Technologie der Mörtel und Zemente, 1; Die chemische Technologie des Glases, 1. — **König**: Arzneimittel der organischen Chemie, 2. — **Thiele**: Erzeugung von Licht, 1. —

Helm: Höhere Mathematik III, 3, Übungen (mit Naetsch), 1; Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Versicherungstechnisches Seminar, 1 *g*, Übungen, 2. — **Krause**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 2; Theorie der Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Theorie der geometrischen Verwandtschaften, 3; Übungen über höhere Geometrie, 1 *g*. — **Naetsch**: Sphärische Trigonometrie, 2; Analytische Geometrie der Kegelschnitte, 3. — **Heger**: Raumakustik, 1. — **Pattenhausen**: Methode der kleinsten Quadrate, 2, Übungen, 1; Höhere Geodäsie I, 2, Übungen, 1; Sphärische Astronomie I, 2, Übungen, 1; Vorübungen zum Planzeichnen für Vermessungsingenieure (Schriftzeichnen), 2; Planzeichnen II, 2 und 4; Skizzieren geodätischer Instrumente, Übungen, 2; Triangulierungsübungen, 4; Geodätisches Praktikum I, 4, II, 4; Geodätisches Praktikum für Architekten, 4, für Feldmesser, 8; Größere Terrainaufnahmen, 2 Wochen. — **Hugershoff**: Katastervermessung I, 1, Übungen, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2; Thermodynamik, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 1 *g*. —

Fischer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Busch) a) Analytisch-chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner (mit Gutbier), 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Ausmittelung von Giften, 1; Ausgewählte Kapitel der physiologisch-chemischen Analyse, 1; Chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse usw., 3; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel, ganz- und halbtägig, tägl. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse II: Metalloide, 2; Technische Chemie: Organische Großindustrie, mit Exkursionen, 2. — **Henrich**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege, 2; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, *g*. — **Gutbier**: Spezielle anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Chemie, 2; Chemisches Seminar für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Photographie, 1, Exkursionen, 1 Vormittag *g*. — **Jordis**: Physikalische Chemie II, 2; Elektrochemisches und physikalisch-chemisches Praktikum, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 20 und 40; Chemisches Seminar, 2. —

Gordan: Invarianten, 4. — **Noether**: Integralrechnung, 4; Mechanik II, 1; Algebraische Funktionen, 3; Synthetische Geometrie (durch Baldus), *g*; Mathematisch-Physikalisches Seminar, *g*. — **Schmidt**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Bestimmte Integrale, 4; Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik (durch Baldus), *g*; Mathematisch-Physikalisches Seminar, *g*. —

Physikalischer Verein und Akademie zu Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Wellenlehre und Schall, 1; Ausgewählte Kapitel der Wärmelehre, 1; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, $1^1/_2$; Physikalisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 8. — **Linke**: Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik, 1; Geophysikalische Übungen, 2. — **Déguisne**: Die Wechselstrommaschine, 2; Elektrotechnisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 8; Praktische Übungen in Hochfrequenz-Messungen, 2. — **Seddig**: Spektroskopie, 1; Praktikum für wissenschaftliche Photographie, 8. —

Freund: Organische Experimentalchemie II: Benzolderivate, mit besonderer Berücksichtigung der Technologie, 2; Großes chemisches Praktikum, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 8; Färbereichemisches Praktikum (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Theoretische Chemie auf mathematischer Grundlage (ohne Experimente), 1; Ausgewählte Kapitel aus der Elektrometallurgie, 1; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, tägl.; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, 8. — **Mayer**: Die Probleme der Chemie im Wandel der Zeiten, 1. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, 2; Kleines chemisches Praktikum (Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren im chemischen Laboratorium), 5. —

Brendel: Algebraische Analysis mit Übungen, 3; Analytische Mechanik, 2; Mathematisches Seminar: Kolloquium über ausgewählte Kapitel der Analysis, 2. — **Patzig**: Versicherungsrechnung, 2, Übungen, 1. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, Elektrooptik, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Koenigsberger und Reinganum), für Mediziner und Pharmazeuten, 1 Nachmittag, für Naturwissenschaftler, 2 Nachmittage; Übungen im Experimentieren und in der Vorführung von Demonstrationsversuchen (mit Gaede), 3 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Elemente der partiellen Differentialgleichungen mit ihren physikalischen Anwendungen: Akustik, Wärmeleitung, 4; Elektrische Strahlungen, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Anwendungen von Kugelfunktionen und Zylinderfunktionen in der Physik, mit Übungen, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Elektrotechnik I: Gleichstrom, 1. —

Gattermann: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt, Fromm, Meigen), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie I (anorganisch), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Willgerodt**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Technologie mit Exkursionen, 2. — **Meyer**: Physikalische Chemie, 2; Radioaktivität, 1; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 3; Selbständige physikalisch-chemische

Arbeiten. — **Edinger**: Einführung in die organischen Arbeitsmethoden, 2. — **Fromm**: Hydroaromatische Verbindungen: Terpene und Kampfer, 2; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse, systematischer Teil, 2; Gasanalytisches Praktikum, 2; Seminar für anorganische Chemie, 1. — **N. N.**: Qualitative Analyse, einschließlich Spektral- und Mikroanalyse, 3, Übungen, 2; Ionenlehre, 1. —

Stickelberger: Integralrechnung, 5, Übungen, 1—2; Infinitesimalgeometrie, 3. — **Heffter**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik, 4, Übungen, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Bolza**: Variationsrechnung, 3, Übungen, 1 *g*. — **Loewy**: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Grundlagen der Geometrie, allgemein verständlich, 2; Theorie der sozialen Versicherungen, 2; Besprechung algebraischer Fragen, 1. — **Seith**: Schulmathematik (ausgewählte Kapitel), 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, $4\frac{1}{2}$, Mathematische Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Vorgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner und Pharmazeuten, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Thermodynamik, 3; Übungen in der theoretischen Physik, 1; Niedere Geodäsie, 3, Praktische Übungen, 1 Nachmittag. — **Schmidt**: Radioaktivität, mit Experimenten, 2; Arbeiten für Vorgeschrittene über Elektronenlehre, ganz- und halbtägig. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit, mit Experimentierübungen, 3. — **Uller**: Elektrotechnisches Praktikum (mit Cermak), 2. — **Cermak**: Über Elektronentheorien der Metalle, theoretisch und experimentell, 1. —

Naumann: Organische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie (Molekül, Atomgewichtszahlen, Gasgesetz, Massenwirkungsgesetz), mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (z. T. mit Feist), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, anorganischer Teil, 2; Chemie der menschlichen Genußmittel, 1; Die wichtigsten Gesetze für Apotheker und Nahrungsmittelchemiker, 1. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe: Natürliche Farbstoffe, 1; Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*. — **Beschke**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1\frac{1}{2}$ *g*; Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Synthetische Darstellung der Kohlenstoffverbindungen, 1. — **Brand**: Chemische Technologie II: Technologie der organischen Stoffe, mit Exkursionen, 2; Chemische Technologie für Nichtchemiker, mit Exkursionen, 2. — **Thomae**: Allgemeine Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1; Besprechung kolloidchemischer und ultramikroskopischer Originalarbeiten, 1. —

Netto: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Bestimmte Integrale, 3; Übungen des mathematischen Seminars, 1. — **Graßmann**: Elemente der Algebra, 3; Analytische Mechanik I, 4, Übungen, 14tägig, 1. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik und Optik, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institute (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Rümelin, Madelung, Försterling und Busch), 8; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Ausgewählte Probleme der Gastheorie, 1. — **Michelson**: Theorie und Anwendungen der Interferenz des Lichtes, 4 *g*. — **Voigt**: Einführung in die Kristallphysik, 4; Magnetooptik, 2 *g*; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Geophysik: Erdkörper, Erdbeben, Erdmagnetismus, Polarlicht, 4; Vermessungswesen, praktischer Teil: Feldmessung mit Übungen, 4; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung; Elektronentheorie und Relativitätsprinzip, 2; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie, Geodäsie und Geophysik, 1. — **Prandtl**: Elastizität und Festigkeit, 3; Mechanikpraktikum I, für Anfänger (mit v. Karman und Renner), 3; Thermodynamisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend. — **Simon**: Angewandte Elektrizitätslehre II, 4; Elektrotechnisches Praktikum (mit Busch) I, 3, II für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der angewandten Elektrizitätslehre, 2. — **Born**: Magnetismus, 2; Theorie der Wärmestrahlung, 2. — **Bestelmeyer**: Praktikum der Elektronik und Radioaktivität (mit Madelung), 4. — **Angenheister**: Kosmische Physik, 1; Meteorologie, 2; Erdmagnetisches Praktikum, 1. — **Winkler**: Kursus in physikalischer Handfertigkeit, 4. —

Wallach: Allgemeine Chemie II: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen im Laboratorium (mit Polstorff, Kötz, Borsche, Sielisch), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4 Nachmittage; Besprechung der wissenschaftlichen Arbeiten der Fortgeschritteneren, tägl. *g*. — **Tammann**: Elektrochemie, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, ganztägig; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 4; Gerichtlich-chemische Analyse, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 1 *g*. — **Fischer**: Chemische Technologie, mit Exkursionen, $1\frac{1}{2}$, Übungen nach Verabredung, *g*. — **Zsigmondy**: Kolloidchemie, 1 *g*; Neuere Forschungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen Chemie und der Kolloidchemie, ganz- und halbtägig. — **Kötz**: Einführung in die Chemie, 3; Prinzipien und Theorien analytischer und anorganischer Prozesse, 1; Der Wert der vergleichenden Chemie für Lehre und Forschung, 1; Exkursionen zur Kenntnis der chemischen Technologie, für Lehramtskandidaten, 1 Woche *g*; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der chemischen Technologie, 1 *g*. — **Coehn**: Photochemie und Spektralanalyse, mit Demonstrationen, 1; Photographisches Praktikum für Anfänger, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen: Terpene und Kampfer, 2; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittenere, 1; Färbereichemische Übungen, 3. — **Sielisch**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1 *g*. —

Klein: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung und Versicherungsmathematik (mit Bernstein), 2 *g*. — **Hilbert**: Mechanik der Kontinua, 4; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über verschiedene Gegenstände der reinen Mathematik (mit Toeplitz), 2. — **Runge**: Numerisches Rechnen mit Übungen, 6; Photogrammetrie mit Übungen, 3; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Aerodynamik (mit Prandtl), 2. — **Landau**: Elemente der Zahlentheorie, 4; im Seminar: Mathematische Übungen für mittlere Semester, 1, für höhere Semester, 1. — **Hartmann**: Allgemeine Astrophysik, 1; Übungen zur allgemeinen Astronomie und Astrophysik, 2; Leitung astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, 12 *g*. — **Ambronn**: Geographische Ortsbestimmungen mit besonderer Berücksichtigung der bei Landesvermessungen gebräuchlichen Methoden, 2; Die Methode der kleinsten Quadrate mit Anwendung auf astronomische, geodätische und physikalische Aufgaben, 1; Besprechung neuerer astronomischer Literatur und Vorträge der Studierenden, 14tägig, 2—3 *g*; Übungen im astronomischen Beobachten für Anfänger und für Lehramtskandidaten, 4—5; Leitung selbständiger astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene,

tägl. — **Bernstein**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3; Versicherungsrechnung, 1. — **Toeplitz**: Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen, 2. — **Haar**: Differentialgleichungen, 4; Allgemeine mathematische Astronomie, 2. — **Weyl**: Analytische Geometrie, 4; Übungen zur Differential- und Integralrechnung, 2. — **v. Kárman**: Dynamik starrer Körper, insbesondere Theorie des Kreisels, 2. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik II, 4; Mathematische Ergänzungen, 2; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, 4 *g*; Physikalisches Konversatorium, 14tägig, 2 *g*. — **Waßmuth**: Elektromagnetische Lichttheorie, 5; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Die Wärmesätze und ihre Anwendung auf Probleme der Chemie (Fortsetzung), 2. —

Scholl: Organische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Schrötter**: Chemie der Methanderivate I, 4. — **Kremann**: Maßanalyse, 2; Ausgewählte Kapitel der modernen anorganischen Chemie (die Wernersche Theorie der komplexen Salze), 2; Elektroanalytisches und -synthetisches Praktikum, für Vorgeschrittene, 2 Halbtage *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. — **Hemmelmayr v. Augustenfeld**: Chemische Technologie organischer Stoffe: Organische Farbstoffe, 2. —

Dantscher v. Kollesberg: Funktionentheorie (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar I, 2 *g*. — **Daublebsky v. Sterneck**: Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie, 3. — **Hillebrand**: Die Methoden der geographischen Ortsbestimmung, 3; Theorie der Meteoriten, für Vorgeschrittene, 1; Über den Bau des Fixsternsystems, für Vorgeschrittene, 1. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3, Übungen, 8. — **Streintz**: Physik II: Wärmelehre, 3; Der Bleiakkumulator und das Akkumulatorproblem, 1½. —

Emich: Organische Chemie II, 5; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen, 16; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratorium und Übungen in der organisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **B. Reinitzer**: Laboratoriumsunterricht und Übungen in der chemischen Maßanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung anorganisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **v. Cordier**: Geschichte der Chemie, 2. — **v. Hemmelmayr**: Organische Elementaranalyse, 2. — **Fuhrmann**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 3, Übungen, 4; Praktische Photographie, 4 Wochen. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 3, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 3. Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Projektive Geometrie I, 2, Übungen, 1. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik II: Statik, 4; Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik II, 3. — **Pöschl**: Theorie und Anwendungen der Schwingungen mechanischer Systeme, 2. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätische Feldübungen, 4; Sphärische Astronomie, 2; Katastervermessung, 3, Übungen, 9. —

Universität Greifswald.

Mie: Theoretische Optik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Studierende der Naturwissenschaften, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Physikalische Experimentierübungen I: Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*. — **Starke**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Schreber**: Physikalische Experimentierübungen II: Übungen im Zusammenbauen und Demonstrieren physikalischer Apparate, 2; Dampfmaschinen und Gasmotoren, 1 *g*; Die wissenschaftlichen Grundlagen von Luftschiffahrt und Flugtechnik, 1. — **Herweg**: Theorie der Ionen in Elektrolyten und Gasen, mit Experimenten, 1. —

Auwers: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Strecker), 3½, Erläuterungen, ½ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Sterilisationskursus für Pharmazeuten, 2; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Roth**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1; Atom- und Molekulargewichtsbestimmung, mit Demonstrationen, 1; Physikalisch-chemische Übungen, 3½—7½; Übungen in der rechnerischen Behandlung einfacher physikalisch-chemischer Aufgaben, 1 *g*. — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Theorie und Praxis der Photographie, 1, Übungen, 2, Exkursionen, 2 *g*. — **Strecker**: Gewichtsanalyse, 2; Titrieranalyse, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Eisenlohr**: Petroleum und Spiritus, 1. —

Engel: Analytische Mechanik I, 4, Übungen, 1½ *g*; Einführung in die Theorie der Transformationsgruppen, 4; Partielle Differentialgleichungen (Fortsetzung), 2 *g*. — **Vahlen**: Algebra II, 4, Übungen, 1 *g*; Elastizität und Festigkeit, 1 *g*. —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl.; Mechanische Theorie der Wärme, 2 *g*. — **Schmidt**: Theoretische Optik, 4; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Thiem**: Praktische Photographie, 2. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (in der pharmazeutischen Abteilung mit Schulze), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4; Übungen in der Gasanalyse, 4 *g*; Über die Natur der Radikale, 1 *g*. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel I, 2; Die chemische Untersuchung der Drogen und galenischen Präparate, 1 *g*. — **Baumert**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Die wichtigsten Lebensmittel und deren Verfälschungen, 1 *g*. — **Erdmann**: Chemische Technologie II: Lichterzeugung und elektrische Energie, Salz, Keramik, Metallgewinnung, Explosivstoffe, Verarbeitung organischer Rohstoffe, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Tubandt**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines Praktikum, 6. —

Cantor: Theorie der elliptischen Funktionen, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Differentialrechnung, mit Übungen, 5; Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutsmer**: Variationsrechnung, 4; Höhere Algebra,

4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*. — **Buchholz**: Höhere Mechanik: Die allgemeine Theorie der Variation der Konstanten a) nach Lagrange, b) nach Jacobi, und ihre Anwendung auf das Problem der Planetenbewegung, 2; Praktische Übungen in geographischer Ortsbestimmung mit Theodoliten und Sextanten, 2. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Magnetismus und Elektrizität, 4; Mechanische Wärmetheorie, 2; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4; Luftschiffahrt, 2. — **Leithäuser**: Photographie, 2, Übungen, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Brückmann, Kempe und Bischoff), 8, II, nach Verabredung, III, für Maschineningenieure, 8. — **Heim**: Elektrische Anlagen II (mit Herzberg), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Herzberg), 3, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, Elektrotechnischer Teil, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger I, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 1, 2, II, 1; Induktionsmotoren, 1 *g*. — **Brückmann**: Einführung in die Rechnung mit vektoriellen Größen, 1 *g*; Elektrotechnisches Seminar, 14tägig, 2. —

Seubert: Grundzüge der Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Kircher und Schliephacke), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Maßanalyse, 2. — **Behrend**: Physikalische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Decker und Grohmann), tägl. außer Sonnabend. — **Decker**: Einführung in die Patentliteratur, 1; Synthese natürlicher Stoffe, 1. — **Jänecke**: Metallurgie, 1. — **Ost**: Landwirtschaftliche chemische Technologie, 3; Farbstoffe und Färberei, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Schliemann), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Grundzüge der technischen Elektrochemie, 2; Elektrochemische Übungen (mit Meinecke), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Meinecke), tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse (mit Meinecke), 7. — **Laves**: Grundzüge der physiologischen Chemie, mit Demonstrationen, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 1, Repetition, 1; Theorie und Anwendung der Differentialgleichungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4. — **Müller**: Höhere Mathematik I A, 6, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 1. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik für Architekten und Chemiker, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Über die für die technische Mechanik wichtigen Differentialgleichungen, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Pabst), 3, Übungen, 6; Darstellende Geometrie I (mit Richter und Pabst), 3, Übungen, 6. — **Oertel**: Grundzüge der praktischen Geometrie (mit Petzold), 2, Übungen, 3; Praktische Geometrie, Planzeichnen (mit Petzold), 4; Geodäsie I (mit Petzold), 2, Übungen, 6; Grundzüge der astronomischen Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. — **Petzold**: Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen auf die Geodäsie und die Grundzüge der sphärischen Astronomie, 1. — **Weber**: Mechanik I (mit Wickert und Witte): Grundzüge der Mechanik, 4, Seminarübungen, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik (mit Wickert und Witte), 1; Die Aeromechanik und ihre Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge (mit Wickert und Witte), 1, Übung, 1. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **Pockels**: Theoretische Optik, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*; Einführung in die Elektronentheorie, 1. — **Becker**: Radiologie: Radioaktivität mit Demonstrationen, 2. — **Ebler**: Radioaktivität und radioaktive Substanzen, 1. — **Ramsauer**: Mathematische und historische Erläuterungen zur Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 2. — **F. Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. — **Mertens**: Einführung in die Maschinentechnik I, mit Exkursionen, 2 *g*, II, für Fortgeschrittene, 1 *g*. —

Curtius: Experimentalchemie I: Allgemeine Chemie und Metalloide, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere auf den Gebieten der anorganischen, organischen, physikalischen, analytischen, pharmazeutischen Chemie und Gärungschemie (mit Jannasch, Knoevenagel, Trautz, Stollé, Mohr, Darapsky, Franzen, Ebler und Muckermann), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, halbtägig, für Anfänger (mit Knoevenagel), 4. — **Jannasch**: Titrieranalyse, 2; Ausmittelung der Gifte, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 3; Chemisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1 Vormittag. — **Knoevenagel**: Chemische Technologie, anorganische Prozesse, mit Ausflügen, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei der Textilfasern. — **Trautz**: Physikalische Chemie II, 3, Theoretische Übungen, 1; Einführung in die mathematischen Hilfsmittel der physikalischen Chemie, 2; Praktische Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Organische Chemie, 4; Praktisch-chemische Arbeiten und Übungen im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger, tägl. außer Sonnabend. — **Dittrich**: Quantitative Analyse durch Elektroanalyse, mit Übungen, 1; Experimentierübungen, für künftige Lehrer, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und Nichtchemiker, sowie für Vorgeschrittenere, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in analytischer und organischer Chemie, 4 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1. — **Mohr**: Besprechung neuerer organisch-chemischer Arbeiten, 1. — **Darapsky**: Heterozyklische Verbindungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Biochemie der Pflanzen, 2; Praktische Einführung in die Bakteriologie und Gärungschemie, nach Verabredung. — **Muckermann**: Über neuere Arzneimittel, 1; Repetitorium der Chemie für Pharmazeuten, 2. — **Müller**: Komprimierte und verflüssigte Gase und ihre Anwendungen in der Chemie, 1; Metallurgie I, 1. —

Königsberger: Differential- und Integralrechnung, 4; Variationsrechnung, 1; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Elemente der Meteorologie, 2 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1 *g*. — **Cantor**: Zahlentheorie, mit Einschluß der Lehre von den quadratischen Formen, 4; Determinanten, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Synthetische Theorie der Flächen zweiter Ordnung, 1. — **Boehm**: Funktionentheorie, 4; Vektorenrechnung mit Anwendungen, 4. — **Bopp**: Theorie und Geschichte spezieller höherer ebener Kurven, 2. — **Kopff**: Sphärische Astronomie, 1. —

Universität Innsbruck.

Tumlirz: Theorie der Wärme, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Die Eigenschaften der Gase in kinetischer Auffassung, 3. — **Hammerl**: Elektrotechnik I: Über Gleichstrommaschinen und Motoren, 2 *g*. — **Exner**: Luftelektrizität, 2; Sonnenstrahlung, 2; Wettervorhersage, 1. — **v. Ficker**: Böen und Gewitter, 1. —

Brunner: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie,

5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Pharmazeutische Chemie, 5. — **Zehenter**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, mit Exkursionen, 2. — **Tollinger**: Die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Milch und ihre Bedeutung für die Untersuchung auf Verfälschung und Käsereitauglichkeit, 2. —

Gmeiner: Anwendung der Infinitesimalrechnung auf die Geometrie (Fortsetzung), 3; Funktionen komplexer Veränderlicher, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, mit Übungen (Fortsetzung), 4; Ausgewählte Abschnitte der Elementar-Mathematik einschließlich didaktischer Fragen, 2; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Differentialrechnung und die Integralrechnung (Fortsetzung), 1 *g*. — **Menger**: Elemente der darstellenden Geometrie (Fortsetzung), 2 *g*. — **Prey**: Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 4. —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker), a) für Physiker, 6, b) für Chemiker und Pharmazeuten, 4, c) für Mediziner, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Baedeker), tägl. — **Auerbach**: Thermodynamik: Theorie der Wärme, 4; Atomistik und kinetische Gastheorie, 2; Das naturwissenschaftliche Weltbild, 1. — **Ambronn**: Benutzung des Polarisationsmikroskops bei histologischen Untersuchungen, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Übungen zur Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie, für Fortgeschrittene, 1. — **Straubel**: Interferenz und Beugung, 1. — **Simons**: Einführung in die Technik, 1; Freie Energieschwingungen in der Elektrotechnik, einschließlich drahtloser Telegraphie, 2; Landwirtschaftliche Maschinen II, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Praktikum für Fortgeschrittene. — **Baedeker**: Ausgewählte Kapitel der Optik; Dispersion, Emission, Absorption, Spektralanalyse, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff), Voll- und Halbpraktikum, tägl.; Praktikum für Mediziner (mit Wolff), 6 und 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe), tägl. — **Wolff**: Maßanalyse, 2; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Grundzüge der anorganischen und organischen Chemie (Experimentalchemie), 5; Über wichtige bakterielle Vorgänge auf dem Gebiete der Landwirtschaft, 1; Großes und kleines chemisches Praktikum für Landwirte; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie: Anorganische Großindustrie, 2; Technisch-chemisches Praktikum; Allgemeine Übersicht über die chemische Industrie, 1 *g*. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie II: Organische Chemie, 3; Darstellung und Untersuchung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 15; Theoretische und praktische Übungen in der Sterilisierung der Arzneimittel und Verbandstoffe; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie. — **Rabe**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2. — **Marc**: Einführung in die physikalische Chemie II: Elektrochemie, mit Übungen, 2; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete. — **Schneider**: Chemie der Kolloide, 1. —

Thomae: Elliptische Funktionen, 5. — **Haußner**: Differential- und Integralrechnung I, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie der Ebene, 4, Proseminar, 2 *g*; Theorie und Anwendung der Determinanten, 2; Einführung in die Variationsrechnung, 2; Mathematisches Seminar, 14tägig, 1 *g*. — **Frege**: Analytische Mechanik II, 4. — **Knopf**: Zeit- und Ortsbestimmung, mit Übungen, 4; Praktische Übungen in der Geländeaufnahme; Nivellieren usw., 2; Methode der kleinsten Quadrate, 3. — **Winkelmann**: Mathematische Näherungsmethoden, 3, Übungen, 1. — **Thaer**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 6. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Elektronentheorie, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum (mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate), 4; Exkursionen, 1 Nachmittag. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 2, III: Wechselstrom-Kommutatormaschinen, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 9, II, 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 4. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Elektrische Beleuchtung, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen nach besonderer Festsetzung. — **Hallo**: Theorie des Wechselstromes I, 2, Übungen, 2, II, einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 2, Übungen, 2. — **Hausrath**: Instrumente und Apparatebau, 2; Ergänzungen zur drahtlosen Telegraphie, 1. — **Schwaiger**: Elektrische Bahnen und elektromotorische Betriebe, 2, Übungen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2, Übungen, 2. — **Schultheiß**: Geschichte und Wesen der Witterungsvoraussage, 1. —

Engler: Organische Chemie I, 4; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Staudinger), 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Baumaterialien, Glas, Keramik usw., 2, II: Chemische Großindustrie, 2; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie II, 2; Chemie der Elektronen, 1; Demonstrationen technisch-elektrochemischer Prozesse (mit Askenasy), 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs (mit Leiser). — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Analytische Chemie I, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Just**: Chemie der flüssigen und komprimierten Gase, 1. — **Kast**: Moderne Spreng- und Treibmittel, 2. — **Leiser**: Anwendung der Differential- und Integralrechnung in der Chemie, 1; Einleitende Vorträge in physikalischer Chemie und Elektrochemie: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Skita**: Chemie der Farbstoffe und Technologie der Textilindustrie II, 2; Praktische Übungen in Färberei und Druckerei, 2. — **Staudinger**: Organische Chemie II, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petrolcums, der Fette und Harze, 1. — **N.N.**: Chemie der Metalle, 2; Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 1; Praxis des deutschen Patentwesens, 1. —

Disteli: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Übungen in Perspektive, 3. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 4 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik II, 2; Grundlehren der höheren

Mathematik, 4. — **Stäckel**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Mohrmann**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2. — **Vogt**: Elementare und analytische Geometrie, 3, Übungen, 1; Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Winkelmann**: Theorie und Anwendungen des Kreisels in elementarer Behandlung, 2; Theorie der Schwingungen, 3. — **Haid**: Geodätisches Praktikum II, 6, III, 3; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Bürgin**: Katastervermessung I, 2, Übungen, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4, für Fortgeschrittene, tägl. — **Weber**: Potentialtheorie und Elektrostatik, 4; Meteorologie, 1; Theorie physikalischer Messungsapparate mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium mit Vortragsübungen, 2 *g*. — **Zahn**: Elektrische Meßmethoden I: Gleichstrommessungen, 1; Besprechung ausgewählter Kapitel der theoretischen Physik: Elektronentheorie und Relativitätsprinzip, 1 *g*. —

Harries: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum I: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, II: Organische Abteilung, tägl., für Mediziner (mit Feist), 4; Chemische Gesellschaft (Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie) (mit Rügheimer, Biltz, Feist, Preuner und Mumm), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutische Chemie (organischer Teil), 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der physikalischen Chemie, 1 *g*. — **Biltz**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie II: Organische Betriebe, 2, Exkursionen, *g*. — **Stoehr**: Alkaloide, 1. — **Feist**: Die grundlegenden Theorien der Chemie, 1; Die moderne Eisengroßindustrie, 1 *g*; Einführung in das praktische Studium der Chemie, 1 *g*. — **Preuner**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Elektroanalytische Übungen, 2—3 Wochen. — **Mumm**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. —

Pochhammer: Einleitung in die Algebra und Determinantenlehre, 4; Funktionentheorie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Rotationsprobleme der Mechanik des Himmels, 3; Über Differenzenrechnung, 1 *g*. — **Landsberg**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Mechanik, 4. — **Kobold**: Niedere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen, 2 *g*. — **Wilkens**: Bewegungsverhältnisse der Doppel- und mehrfachen Sternsysteme, 1. — **Neuendorff**: Ausgewählte Kapitel der technischen Mechanik, besonders graphische Statik, mit Zeichenübungen, 4. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Anfänger, 3, für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Einführung in das Studium der theoretischen Physik, 4, Übungen und Ergänzungen unter besonderer Berücksichtigung der Methodik wissenschaftlichen Zahlenrechnens, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig; Handfertigkeitspraktikum, 2 *g*. —

Klinger: Organische Chemie, 4; Chemisches Praktikum für Mediziner, 3 Nachmittage; Übungen im Laboratorium (mit Benrath und Blochmann), tägl. außer Sonnabend; Vorprüfungen bei qualitativer Analyse, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Benrath und Blochmann), 1 *g*. — **Stutzer**: Chemie für Landwirte, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Agrikulturchemie: Ernährung der Pflanzen, 2 *g*. — **Blochmann**: Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, mit anschließenden Besichtigungen von Fabrikanlagen, 1 Nachmittag; Analytische Chemie: Quantitative Analyse, 2; Besprechung ausgewählter Kapitel aus der technischen Chemie, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie: Aromatische Reihe, 3; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Über Arzneimittelprüfung, 1 *g*. — **Benrath**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Konstitutionsbeweise, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie der Ebene, 3, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schoenflies**: Differentialgleichungen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, für Fortgeschrittene, 1½ *g*. — **Battermann**: Geographisch-astronomische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 2 Nachmittage, *g*. — **Kaluza**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Allgemeine Mengenlehre, 1, Kolloquium, 1 *g*. — **Bieberbach**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2; Einführung in die Galoische Theorie der algebraischen Gleichungen: Dreiteilung des Winkels, Gleichung 5. Grades usw., 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Jaffé), 9, für Mediziner, 3, für Pharmazeuten (mit Scholl und Jaffé), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Elektrizität und Magnetismus (Maxwellsche Theorie), 4, Ergänzungen bzw. Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Geometrisch-perspektivisches Zeichnen, 1 *g*. — **Marx**: Theorie der Ätherfrage, 1. — **Scholl**: Einführung in die Elektrotechnik: Gleich- und Wechselstromtechnik in elementarer Behandlung, mit Experimenten, 2; Übungen in Aufbau und Vorführung physikalischer Schulversuche, 2. — **Fredenhagen**: Einführung in die theoretische Physik, 2. — **Jaffé**: Elemente der statistischen Mechanik, 1. — **Lilienfeld**: Experimentelle und technische Kapitel aus dem Gebiete tiefster Temperaturen, 1 *g*. — **Donner**: Handfertigkeitsunterricht, 3. —

Beckmann: Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl., für Mediziner und Zahnärzte, 6; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Anorganische Chemie, 5, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Schaefer), tägl., für Mediziner, 6; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Schaefer), tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe und Rassow), tägl. — **Le Blanc**: Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, mit Demonstrationen, 3; Physikalisch-chemische Betrachtung des Weltalls, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Drucker und Freundlich), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), tägl.; Chemisches Praktikum für Analytiker (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs; Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Drucker), 4 oder 8; Photochemische Übungen: Spektralanalyse, mikrochemische Analyse, photographische und photochemische Methoden (mit Schaum), 4; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker und Freundlich), 1½ *g*. — **Stobbe**: Organische Experimentalchemie: Die aromatischen Verbindungen, 2. — **Wagner**: Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl., Didaktische Besprechungen: Massenwirkungsgesetz, 1 *g*; Technik der Experimentalchemie und Demonstration von Schulversuchen, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie,

Brenn- und Leuchtstoffe sowie ausgewählte anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 2; Gewinnung und Verwendung der technisch wichtigen Metalle, mit Exkursionen, 1; Technisch-chemisches Praktikum, tägl. — **N.N.**: Physikalisch-chemische Methoden der Konstitutionsbestimmung bei organischen Verbindungen, 1; Valenz und Elektrovalenz, 1. — **Schaum**: Absorption und Lumineszenz, mit Demonstrationen, 1 *g*; Anleitung zur Projektion, 1. — **Böttger**: Quantitative (Maß- und Gewichts-)Analyse, mit Demonstrationen, 2. — **Heller**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Deussen**: Das neue Deutsche Arzneibuch (5. Ausgabe), 1. — **Drucker**: Chemisches Rechnen, 1. — **Freundlich**: Kapillarchemie: Chemie der Kolloide und verwandte Gebiete, 2. — **Scheiber**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen, 2. — **Sieverts**: Katalyse, mit besonderer Berücksichtigung technischer Prozesse, 1. — **Ostwald**: Experimentelle Kolloidchemie II: Die wissenschaftlichen und technischen Anwendungen der Kolloidchemie, 1. — **Waentig**: Anwendung physikalischer Methoden in der Nahrungsmittelchemie, 1. — **Schaefer**: Methodik und Technik der analytischen Chemie, mit Demonstrationen, 2. —

Hölder: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Algebraische Gleichungen, 2; Mathematisches Seminar: Übungen in Funktionentheorie, 1 *g*. — **Bruns**: Sphärische Astronomie, 4; Praktische Analysis II, 2 *g*; Übungen zur Instrumentenkunde, *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte, *g*. — **Rohn**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen (mit Koebe), 1 *g*; Projektive Geometrie, 2; Kegelschnitte und Flächen 2. Gr. vom invariantentheoretischen Standpunkt, 2. — **Herglotz**: Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung (Fortsetzung), 4; Randwertaufgaben der Potentialtheorie, 2; Mathematisches Seminar: Übungen zur Infinitesimalrechnung und zu den gewöhnlichen Differentialgleichungen (mit Koebe), 1 *g*. — **N.N.**: Theoretische Astronomie: Planeten und Kometenbahnen, 2. — **Koebe**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4; Algebraische Analysis, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Hydrodynamik und Akustik, 2; Ausgewählte Kapitel der Elektrizitätslehre, 1. — **Wegener**: Optische Erscheinungen der Atmosphäre, 1. —

Zincke: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, für Chemiker und Mediziner, 6; Praktische Übungen in anorganischer, organischer und analytischer Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl., für Mediziner, halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 4. — **Schmidt**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller); Qualitative Analyse, *g*. — **Fittica**: Theoretische Chemie, 2; Neuere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie, 4; Einführung in die physikalische Chemie mit theoretisch-chemischen Übungen, 1 *g*; Photochemisches und photographisches Praktikum, 2; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Reißert**: Chemie der organischen Farbstoffe, 2. — **Fritsch**: Pyridinderivate, 1 *g*. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 3; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Organische Chemie, 1. — **Keller**: Untersuchung von Trinkwasser, Harn usw., 2; Grundlagen und Methoden der Maßanalyse, 1; Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Flade**: Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 3. —

Hensel: Differentialrechnung, 4; Höhere Zahlentheorie, 4; Mathematisches Proseminar, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Gewöhnliche Differentialgleichungen, 3; Abelsche Funktionen, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Funktionentheorie, 4, Ergänzungen und Übungen, 1; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Physikalische Technologie für zukünftige Verwaltungsbeamte, 2. — **Hellinger**: Analytische Geometrie, 4; Mathematische Übungen für Anfänger (Analytische Geometrie, Differentialrechnung), 2; Einführung in die Mengenlehre, 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik II: Wärme und Elektrizität, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 12; Handfertigkeitskurs, 6. — **Sommerfeld**: Mechanik der Kontinua: Hydrodynamik, Akustik, Elastizität, für Anfänger, 4, Seminar: Übungsaufgaben, 14tägig, 1 *g*; Ausgewählte Teile der Elektrodynamik und Mechanik vom Standpunkt des Relativitätsprinzips, 3, Seminar: Vorträge der Mitglieder über Relativität, 14tägig, 1 *g*; Selbständige Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Physik, experimentell II: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Einleitung in die theoretische Physik, 3; Praktikum für physikalische Demonstrationen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. *g*. — **Donle**: Doppelbrechung und damit zusammenhängende Erscheinungen, 2. — **Laue**: Thermodynamik, mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Anwendungen, 2, Übungen, 1 *g*. — **Koch**: Grundzüge der Physik des Wechselstroms, mit Demonstrationen, 1. — **Schmauß**: Die Grundlagen der Wetterprognose, 2; Einfluß der Alpen auf das Klima der schwäbisch-bayerischen Hochebene, 1. — **Wagner**: Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik II, 1; Die Entladung der Elektrizität durch Gase, mit Experimenten, 1. — **Debye**: Einführung in die theoretische Optik, mit Demonstrationen, 4; Elektronenoptik: Zeeman-Effekt, lichtelektrische Wirkungen usw., 1. —

v. Baeyer: Organische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino und Prandtl in der unorganischen, mit Dimroth, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty), ganz- oder halbtägig. — **Paul**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Organische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektro-chemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (die pharmazeutisch-chemischen Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend. — **Piloty**: Über analytische Chemie II, 3; Elektrolytisches Praktikum, 4 bis 5 wöchentliche Kurse. — **Dimroth**: Teerfarbstoffe und ihre Anwendung, 3. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie I: Alkalimetalle, Erdalkalien und Schwermetalle, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Dieckmann**: Stereochemie, 1. — **Wieland**: Organische Technologie, mit Exkursionen, 2; Hydroaromatische Verbindungen und Terpene, 1. — **Heiduschka**: Neuere Arzneimittel, 1; Ausmittelung von Giften: Gerichtliche Chemie, 2; Chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln, 1. — **Schlenk**: Die Elemente der physikalischen Chemie II, 2; Zusammenhänge zwischen Farbe und Konstitution organischer Verbindungen, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4 ev. 8. —

Lindemann: Analytische Geometrie des Raumes, 5; Theorie der elliptischen Funktionen, 5; Mathematisches

Seminar: Aufgaben zur Funktionentheorie, $1^1/_2$ *g*. — **v. Seeliger**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 4; Praktische Übungen an den Instrumenten der Sternwarte (mit Großmann). — **Voß**: Einleitung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; Einleitung in die Invariantentheorie, 3; Mathematisches Seminar, 2. — **Pringsheim**: Integralrechnung, 5, Geometrische Ergänzungen, 2. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie II: Axonometrie, Perspektive, 4, Übungen, 2; Theorie der geometrischen Konstruktionen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hartogs**: Algebra II, 4; Algebraische Analysis, 5. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik II: Elektrophysik II, Optik, 4; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, nach Verabredung. — **K. Fischer**: Grundzüge der Physik: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts an Mittelschulen II: Optik, Elektrizität und Magnetismus, 3; Physikalische Optik, 2. — **Knoblauch**: Kinetische Gastheorie, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Anwendungen der Thermodynamik auf kosmologische Probleme, 2; Die Entwicklung der Luftschiffahrt und Flugtechnik, 2. — **von und zu Aufseß**: Photometrie, speziell Astrophotometrie, 2. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Übung, 3. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, Übungen, 2; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, Übungen, 2, Praktikum, 2; Elektrotechnik für Maschineningenieure, 3; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 4 und 2; Elektrotechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, 20—32. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen III: Transformatoren und Asynchronmotoren, 4; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 4 und 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4; Entwerfen von Wechselstrom-Kommutatormotoren, 4. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: Elektrische Lichtbetriebe, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. —

Muthmann: Allgemeine Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der organischen Chemie, 5; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Praktikum in der technischen Gasanalyse (mit Hofer), 3; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen I, 2. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse I, 4; Die elektrochemischen Prozesse, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde V: Organische Farbstoffe, Färberei, 4; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisches Praktikum, 3. — **Lintner**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gärungschemisches Praktikum, 30; Grundzüge der organischen Chemie und Einführung in die Technologie und Warenkunde mit besonderer Berücksichtigung der Gärungsgewerbe, 4. —

v. Dyck: Höhere Mathematik IV, 2, Übungen, 2; Mehrfache Integrale, 3; Mathematisches Seminar, Kolloquium (mit Finsterwalder und Burkhardt), 2. — **Burkhardt**: Höhere Mathematik II, 6, Übungen, 2; Ausgewählte Fragen der Differential- und Integralrechnung, 2. — **Finsterwalder**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Analytische Mechanik, 4. — **Liebmann**: Trigonometrie, Übungen, 1. — **Burmester**: Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Kinematik, 3. — **Schmidt**: Vermessungskunde II, 4, Praktikum, 4: Hauptvermessungsübungen, 2 Wochen; Katastertechnik II, 3, Praktikum IV, 8 und 2; Kartierungsübungen, 4. — **N.N.**: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik I: Einführung in die Mechanik, 4, IV: Dynamik, 3, Übungen, 2; Praktikum im mechanisch-technischen Laboratorium, 2. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Matthies), 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Einführung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate (mit Thiel), 3. — **Matthies**: Elektrotechnik, 2. —

Salkowski: Organische Chemie, 5; Chemie der Metalle, 2 *g*; Chemisches Praktikum im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **Kaßner**: Über Gifte und ihren Nachweis in Untersuchungsobjekten, 1 *g*; Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Brennstoffe und ihrer Ausnützung, 1; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen, Darstellung chemischer Präparate, Übungen in Elementar-Analyse, für Vorgerückte Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, 25. — **N.N.**: Physikalische Chemie I, 3; Theoretisch-chemische Übungen, 1 *g*. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel I, 1 *g*; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 2 *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Einleitung in die Theorie der Differentialgleichungen, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Dehn**: Mechanik I, 4; Methoden der darstellenden Geometrie, mit Übungen, 4. — **Plaßmann**: Über den Mond, 2 *g*; Optische Eigenschaften der Atmosphäre: Refraktion, Absorption, Szintillation, Polarisation, 2; Zeit- und Ortsbestimmung, mit besonderer Rücksicht auf die Kolonien, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, *g*. — **Schewior**: Theorie der geodätischen Instrumente, 2; Übungen im Gebrauch geodätischer Instrumente, 3 *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Mechanik der flüssigen und luftförmigen Körper, Akustik, 2; Physikalisches Kolloquium, 1; Physikalische Übungen, 3; Übungen für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Könnemann**: Physik der Erde und der oberen Planeten, 1. —

Wörner: Chemie der zyklischen Kohlenstoffverbindungen, 2; Chemische Übungen, 2. —

Kummerow: Synthetische Geometrie der Kegelschnitte in Verbindung mit neuerer und darstellender Geometrie, 2; Sphärische Trigonometrie nebst Anwendung auf die mathematische Erd- und Himmelskunde, 1. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik II, 5; Physikalisches Praktikum II, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Einstein**: Mechanik diskreter Massenpunkte, 3; Thermodynamik, 2. — **Spitaler**: Meteorologische Instrumente: Beobachtung und Berechnung, 2, Praktikum, 1; Wetterprognose, 2. —

Goldschmiedt: Organische Chemie, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. *g.* — **Rothmund**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, Thermochemie, Photochemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Kirpal**: Chemische Großindustrie, 3. — **Hönigschmid**: Qualitative chemische Analyse, 2; Quantitative chemische Analyse, 2. — **Fortner**: Chemie der Nahrungsmittel mit Demonstrationen, 3. —

Pick: Differential- und Integralrechnung II, 3; Zahl und Grenzwert, 2 *g*; Seminar, 2 *g*. — **Grünwald**: Liniengeometrie, 3; Hyperkomplexe Zahlen in der Geometrie, 2. — **Weinek**: Über astronomische Hilfsinstrumente, Theorie des Sextanten und Prismenkreises, 3; Übung im astronomischen Beobachten, 2; Theorie der Sonnenfinsternisse und verwandten Erscheinungen, 1 *g*. — **Oppenheim**: Theorie der Abbildung mit Anwendung auf die Lehre der Kartenprojektionen, 3. — **Scheller**: Astronomische Ortsbestimmungen auf Reisen, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik: Elektrostatik, Stationäre Elektrizitätsströmungen, Magnetische Wirkungen des elektrischen Stromes, Magnetische Induktion, 5, Praktikum, 3; Physik für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6. — **Piehl**: Meteorologie und Klimatologie: Klimatologisches Praktikum, 1. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 2, Praktische Übungen, 3; Spezielle Elektrotechnik, 2; Elektromechanische Konstruktionen, 1. —

Meyer: Allgemeine Experimentalchemie: Kohlenstoffverbindungen, 6; Praktische Übungen in der qualitativen Analyse, 25; Analytische Chemie (quantitative), 2, Praktische Übungen, 29; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie II: Thermochemie, 2, III: Elektrochemie, 3, Übungen, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15; Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3. — **Außerwinkler**: Photographie, 1, Übungen, 4. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4; Untersuchung der Milch und Butter und Analyse der Fette, 1; Praktische Übungen in der Ausführung von Heizgasuntersuchungen, 1; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 7, Übungen, 28. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe, $6\frac{1}{2}$, Übungen, $26\frac{1}{2}$. — **Harpf**: Technologie des Schwefeldioxydes, 2. —

Carda: Mathematik I, 4; Elemente der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Mathematik für Handelslehrer, 3. — **Kowalewski**: Mathematik II a, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 3, Konstruktive Übungen, 8, 5 und 6; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden und projektiven Geometrie, 3, Übungen, 4. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik I, 2; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, III, 3. — **Adamczik**: Elemente der niederen Geodäsie, 4 und 2; Niedere Geodäsie, $4\frac{1}{2}$, Übungen, 6; Grundzüge der sphärischen Astronomie, 3, Übungen, 2; Anwendungen der Geodäsie auf Kulturtechnik, 2, Übungen, 2. — **Haerpfer**: Stereophotogrammetrie, 1. — **Grünwald**: Algebraische Bewegungen und geometrische Transformationen, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Allgemeine Physik, Akustik, Wärme, 5; Physikalische Übungen, mit Handfertigkeitsunterricht (mit Weber), 8, für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Geometrische und physikalische Optik, 2. —

Michaelis: Anorganische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Toxikologisches Praktikum (mit Stoermer), 4, d) Übungen für Mediziner, 4, e) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4. — **Stoermer**: Chemie der Benzolderivate, 4; Maßanalyse, 1; Chemie der Zuckerarten, 1. — **Kümmell**: Elektrochemie, 3; Kleines elektrochemisches Praktikum, 4; Elektrochemische Analysen und Präparate, 4; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie mit Gesetzeskunde, 3; Chemische Untersuchung der Arzneimittel, 1; Examinatorium für Pharmazeuten, 2; Über ausgewählte Kapitel der chemischen Technik mit Exkursionen für Pharmazeuten, 1. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik I: Mechanik, Molekularphysik, Optik, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie der Wärme, 3; Übungen zur theoretischen Physik, 1; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 2, Übungen, 3. — **Hergesell**: Grundzüge der Aerologie, 2; Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium, 2 *g*; Meteorologische Arbeiten für Geübtere, *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, organischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl.; Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Schär**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ausgewählte Arzneistoffe der nord- und südamerikanischen Pharmazie, 2; Die ätherischen Öle und Kampferarten in pharmakognostisch-chemischer Beziehung, 1 *g*; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Rosenthaler), tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisches Praktikum I (mit Rosenthaler), 3, II, 3. — **Rose**: Chemische Technologie der schweren Metalle, 3; Die Mineralfarben, 1 *g*. — **Wedekind**: Theoretische und physikalische Chemie, 3; Die radioaktiven Stoffe und die Lehre vom Atomzerfall, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, $4\frac{1}{2}$; Kolloquium über die Fortschritte der anorganischen und physikalischen Chemie, 14tägig, 1 Abend *g*. — **Rosenthaler**: Physikalische und chemische Prüfungsmethoden des 5. Deutschen Arzneibuchs, 1; Öle und Fette in nahrungsmittelchemischer Beziehung, 1. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei I, 3. —

Weber: Bestimmte Integrale und Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Zahlentheorie, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, v. Mises und Epstein), $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Schur**: Allgemeine Theorie der Kurven und Flächen, 4; Einleitung in die Vektoranalysis, 2; Übungen des mathematischen Seminars, für Vorgerückte, 1 *g*. — **Wellstein**: Integralgleichungen, 3; Invariantentheorie, 3; Übungen im Unterseminar, 1. — **Bauschinger**: Praktische Astronomie mit Übungen für Anfänger, 5; Astronomische Beobachtungen für Geübtere, nach Verabredung. — **Simon**: Geschichte der Mathematik in der Renaissance, 2. — **v. Mises**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Seminarübungen in angewandter Mathematik, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Epstein**: Grundlagen der Analysis und Einführung in die Funktionenlehre, 2. — **Wirtz**: Der Bau des Fixsternhimmels, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Elektromagnetismus, Induktion, Akustik, Optik, Elektrooptik, 4; Theoretische Physik (Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik), 2; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Szivessy), I für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, II für Vorgerücktere, tägl.; Handfertigkeitspraktikum in Physik, für Vorgeschrittene, 2—3. — **Wallot**: Theorie der Wärme II, 2. — **Veesenmeyer**: Elektrotechnische Konstruktionselemente, 2, Übungen, 4; Elektrische Maschinen und Apparate II, 3; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Die Elektrizität in der Landwirtschaft, 1; Projektieren elektrischer Anlagen, Übungen, 4. — **v. Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, Übungen II (mit Herrmann), tägl. außer Sonnabend, III. — **Herrmann**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, Übungen I (mit Kazenmaier und Brauburger), II. —

v. Hell: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 2; Theoretische Chemie, 2; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt, Bauer und Dieterle), tägl. außer Sonnabend. — **Müller**: Physikalische Chemie, 2; Technische Chemie, 2; Metallurgie, 1; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Wegelin), tägl. außer Sonnabend. — **Häußermann**: Chemische Technologie der Baumaterialien, 1. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2; Toxikologie, mit Demonstrationen, 1. — **Kauffmann**: Repetitorium der unorganischen Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2. — **Bauer**: Arbeitsmethoden des Deutschen Arzneibuchs, 1; Die Entwicklungsgeschichte der organischen Chemie im XIX. Jahrhundert, 1. — **Philip**: Technische und Handelsanalysen organischer Produkte, 1. — **Rohland**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Analysen und Prozesse, 1 *g*; Technologie der Mörtel- und Tonmaterialien, 1 *g*; Chemie der unorganischen Kolloide, 1 *g*. —

Haller: Trigonometrische Übungen, 2. — **Stübler**: Mathematische Geographie, mit Übungen, 2. — **Faber**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2, III, mit Übungen, 3. — **Mehmke**: Mathematisches Seminar (mit Faber), 1; Darstellende Geometrie (mit Stübler) I, 3, Übungen, 4, II, 1, Übungen, 2; Punktrechnung (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Wölffing**: Krümmungstheorie, 3; Partielle Differentialgleichungen, 1 *g*. — **Roth**: Perspektive, 2. — **v. Weyrauch**: Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität, 2; Aerostatik und Aerodynamik, 2. — **Kriemler**: Technische Mechanik: Dynamik und Hydraulik, 6, Übungen, 6. — **v. Hammer**: Praktische Geometrie I: Vermessungskunde (mit Heer), Übungen, 4 und 2, II, 5, Messungsübungen II für Bauingenieure, 4; Geodätische Schlußübungen (mit Heer), 14 Tage; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Direkte Zeit- und geographische Ortsbestimmung, Übungen, 1. — **Heer**: Geodätische Übungen für Lehramtskandidaten, 3; Praktische Geometrie, Messungs- und Rechnungsübungen für Geodäten, 5. — **A. Baumann**: Ausführliche Behandlung wichtiger Fragen des Kraftfahrzeugbaus, 2; Flugmaschinen und ihre konstruktiven Einzelheiten, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Mechanik, Optik, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Waitz**: Theorie des Lichtes, 3, Übungen, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Gans**: Theorie des Magnetismus, 2; Praktische Physik I, 1; Physikalisches Kolloquium, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz- oder halbtägig; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig; Präparative Arbeiten (mit Kliegl), ganztägig; Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus); Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Bülow und Weinland), ganztägig. — **Thierfelder**: Physiologische Chemie der Eiweißstoffe, Fette und Kohlehydrate, 2; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie II, 2; Theoretische Erörterungen zu den praktischen Laboratoriumsarbeiten, 2. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe II: Organischer Teil, 2; Quantitative Untersuchung der Arzneimittel, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Metallammoniak-Verbindungen, 1. — **Kliegl**: Zyklische Verbindungen II: Mehrkernige Benzolderivate und heterozyklische Verbindungen, 2; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Magnus**: Thermochemie und Elektrochemie, 2; Einführung in die höhere Mathematik für Chemiker, 1. —

v. Brill: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Theorie der Krümmung der Flächen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis I, 4; Theorie und Anwendung der Determinanten, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Perron**: Theorie der Differentialgleichungen, 4; Zahlentheorie, 3; Übungen im Seminar, 1. — **Happel**: Sphärische Trigonometrie mit Übungen, 2; Praktische Übungen in einfachen Vermessungen: Trigonometrische Messungen, Orts- und Zeitbestimmungen, 2; Politische Arithmetik mit besonderer Berücksichtigung der Versicherungsmathematik, 2. — **Rosenberg**: Sphärische Astronomie mit besonderer Berücksichtigung der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung, 2, Praktische Übungen, 1; Astrophysikalisches Praktikum, 1. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner II, 5. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalische wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Hasenöhrl**: Mechanik II, 3; Optik III, 2; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft, Nabl und Frank), 1. — **Jäger**: Ausgewählte Kapitel der Molekularphysik und Elektronik, 1. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik II: Magnetismus, Elektrizität und elektromagnetische Optik, 3. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8, für Lehramtskandidaten, 6; Allgemeine Sätze der Physik, 2. — **K. Przibram**: Die experimentellen Grundlagen der Elektronentheorie (Fortsetzung), 1. — **Ehrenhaft**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Kolloide, 1. — **Nabl**: Geometrische Optik (Fortsetzung), 2. — **Frank**: Das Relativitätsprinzip, seine Grundlagen und seine Anwendungen, 2; Einführung in die angewandte Mechanik, 1. — **Heß**: Die modernen Theorien der atmosphärischen Elektrizität, 1. — **Trabert**: Einleitung in die Meteorologie II, 2; Barometrische Höhenmessung (mathematisch), 1. — **Defant**: Ausgewählte Kapitel aus der meteorologischen Optik, 1. —

Wegscheider: Theoretische und physikalische Chemie I: Stöchiometrie, 5; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **N. N.**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5. — **Herzig**: Pharmazeutische Chemie, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Lippmann**: Einleitung in die organische Chemie, 2. — **R. Pribram**: Kolloidchemie, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, tägl., für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Philosophen, halbtägig, für Mediziner, 4; Pflanzenchemie I (Fortsetzung), 1; Übungen in der Ausführung chemischer Schulversuche, 4. — **Pollak**: Che-

mische Technologie der Rohstoffe des Tierreiches, mit Exkursionen, 2; Repetitorium der analytischen Chemie für Pharmazeuten, 2; Übungen über ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie, 4. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Zement, Glas, Ton, 1. — **Billiter**: Atomistik, 1. — **M. Kohn**: Chemisches Repetitorium, 2. — **Abel**: Phasenlehre, 2. — **Moßler**: Die Prüfungsmethoden der organischen und galen. Präparate der Pharmakopöe, mit Demonstrationen, 2. —

v. Escherich: Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Mathematische Statistik, 3. — **Mertens**: Algebra (Fortsetzung), 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Wirtinger**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar (Fortsetzung der Übungen und Ergänzungen zum Mittelschullehrstoff), 1 *g*. — **G. Kohn**: Synthetische Geometrie (Fortsetzung), 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie I, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 6. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik II, 3. — **Hanni**: Vektoranalysis: Beispiele und Anwendungen, 1. — **v. Schrutka**: Theorie der Kettenbrüche, 1. — **Hepperger**: Praktische Astronomie, 2; Astrophysik, 3. — **Ebert**: Geographische Ortsbestimmungen, 3. — **Schram**: Zeitrechnung verschiedener Völker und Umrechnung von Daten, 1. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5. — **Mache**: Physik: Wärmelehre, Optik und Akustik, Elektrizitätslehre, 2, 4 bzw. 5. — **Sahulka**: Elektrotechnik $4^1/_2$, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Allgemeine Wechselstromtechnik, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 3, Konstruktionsübungen I, 4, II, 8; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Elektrische Stromverteilung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, Übungen, 4. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. —

Bamberger: Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. — **Suida**: Organische Chemie I, 5; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Moser**: Die technische Analyse anorganischer Stoffe, 2; Repetitorium der anorganischen Experimentalchemie, 2; Chemie der seltenen Elemente, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie I, $1^1/_2$, II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Praetorius**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie organischer Verbindungen, 1; Chemische Kinetik, 1. — **Skrabal**: Die Theorie der Oxydationsprozesse, 2. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2; Moderne Anschauungen auf dem Gebiete der theoretischen organischen Chemie, 1. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 2. — **Abel**: Kolloidchemie, 1; Chemische Statik, 1. — **Lippmann**: Synthese der Benzolderivate, 3. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Strache**: Beleuchtungswesen und Gasindustrie, $1^1/_2$. — **Erban**: Chemische Textilindustrie III und IV, 1. — **Ruß**: Repetitorium der anorganisch-chemischen Großindustrie, $1^1/_2$. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 5; Analytische Geometrie, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5. — **N. N.**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1. — **v. Schrutka**: Übungen im Gebrauche des logarithmischen Rechenschiebers, 1. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 3, II, 3. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktives Zeichnen, 6, Seminar, 2; Konstruktive Behandlung einiger Flächenarten, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie II, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Finger**: Mechanik I, $7^1/_2$. — **N. N.**: Mechanik I, $7^1/_2$. — **Saliger**: Allgemeine Mechanik, 3. — **Jung**: Einführung in die Vektoranalysis, 1. — **Girtler**: Theorie des Kreisels, 2; Dynamik der materiellen Punktsysteme im allgemeinen und des starren Körpers im besonderen, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen, festen Körpers, 2. — **Pollack**: Praktische Übungen zu den Elementen der niederen Geodäsie, 5. — **Dolezal**: Praktische Geometrie, $7^1/_2$, Übungen, 10; Situationszeichnen, 3, Geodätischer Kurs, 4; Geodätisches Seminar, 2, Übungen, 2. — **Dokulil**: Technische Terrainlehre, $1^1/_2$. — **Schumann**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, $3^1/_2$; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Praktische Übungen im physikalischen Institut, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Einleitung in die theoretische Physik, 4. — **Harms**: Theorie des elektrischen Stromes in Gasen, 2. —

Buchner: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Reitzenstein und Pauly), 8; Praktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- oder ganztägig. — **Manchot**: Maßanalyse, unter Berücksichtigung der durch das deutsche Arzneibuch vorgeschriebenen Methoden, 1. — **Reitzenstein**: Die wirtschaftliche Bedeutung der chemischen Großindustrie, 1. — **Pauly**: Biochemie II: Nichteiweißartige Substanzen des Tierkörpers, 1. — **Emmert**: Stereochemie, 1; Übungen zur allgemeinen Chemie (mit v. Halban), 1 *g*. — **v. Halban**: Elektrochemie, 1. —

Rost: Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen II, 4; Darstellende Geometrie II, 4, Übungen, 4; Sphärische Astronomie, 2; Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Übungen zur Differential- und Integralrechnung für Fortgeschrittene, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Astronomisches Praktikum für Anfänger und Geübte, nach Verabredung, *g*. — **v. Weber**: Analytische und synthetische Geometrie der Kegelschnitte, 4, Ergänzungen und Übungen, $1^1/_2$ *g*; Analytische Mechanik II: Dynamik der starren Körper, 4, Übungen, $1^1/_2$ *g*. — **Hilb**: Differentialgleichungen der theoretischen Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Algebra II, 4. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere, tägl. — **Einstein**: Physikalische Optik, 4; Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, 2; Physikalisches Seminar, 1. — **Adler**: Theorie elektrischer Meßinstrumente, 1. — **Greinacher**: Kathoden-, Röntgen-, Anoden- und Kanalstrahlen, mit Experimenten, 1. —

Werner: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum, für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse mit Berücksichtigung der elektrolytischen Methoden, 2; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1, Übungen, 4 oder 8; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1;

Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie II, inkl. Farbstoffe, 3; Heterozyklische Verbindungen, inkl. Alkaloide, 2; Kolloidchemie, 1. — **Grün**: Technologie der Stickstoffverbindungen, 1. —

Zermelo: Differential- und Integralrechnung II, 4; Funktionentheorie, 4; Mathematische Übungen, für Vorgerücktere, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie II, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie II, mit Übungen, 3. — **Gubler**: Politische Arithmetik: Anleihens- und Versicherungsrechnung, 2. — **Du Pasquier**: Flächentheorie, 4; Mathematische Behandlung statistischer Grundlagen für Lebensversicherung und Bevölkerungstheorie, 2; Übungen über Differential- und Integralrechnung II, 1. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Astrophysik, 2. — **De Quervain**: Die meteorologischen und physikalischen Grundlagen der Luftschiffahrt, 1; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, mit Besprechung der jeweiligen Wetterlage, 1. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik: Elektrizitätslehre, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien der Elektrotechnik, 2; Einführung in die Wechselstromtheorie, 2; Elektromechanik, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8 und 16; Wissenschaftliche Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Elektroingenieure, 6; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12 und 24. — **Schweitzer**: Physik II, 3, Ergänzungen, 1, Repetitorium, 1, Übungen, 1; Wechselstrommotoren in graphischer Behandlung, 1. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik von Newton bis zum Ende des 18. Jahrhunderts II, 2; Geschichte der Äther-Theorien, 1. — **Heinemann**: Entwicklungsgeschichte der Technik I: Telegraphie und Telephonie, 1 *g*. — **Perrier**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik des Äthers, 2. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen I, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Tobler**: Schwachstromtechnik, 1. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen I, 3; Besondere Kapitel aus dem Dynamobau, 3. — **Barbieri**: Photographie II, 1; Photogrammetrie, 1; Photographisches Praktikum, 2. — **de Quervain**: Die meteorologisch-physikalischen Grundlagen der Luftschiffahrt, 1; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie II, mit Besprechung der Wetterlage, 1. —

Treadwell: Analytische Chemie II, 2; Chemisch-technische Analyse, 4, Übungen, 1; Probierkunde II, mit Übungen, 2; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 10 und 4. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie: Alkalien, Chlor, Phosphate, 3, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Baumaterialien, 2, Repetitorium, 1; Technologie der Kohlehydrate und der Gärung, 2; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Technische Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 8; Elektrochemisches Praktikum für Elektrochemiker, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Künstlich organische Farbstoffe, 3, Repetitorium, 1; Beleuchtungsindustrie, 1; Explosivstoffe, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Brennstoffe, 1. — **Grete**: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden, 2 *g*. — **Hartwich**: Pharmazeutische Chemie, 5; Ätherische Öle, 1; Toxikologie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Technische Mikroskopierübungen II: Genußmittel und Gewürze, 4; Chemische Untersuchung von Nahrungs- u. Genußmitteln, tägl.; Pharmakognostische Übungen für Vorgerückte, tägl.; Warenkunde, 1. — **Schmidlin**: Spezielle anorganische Chemie: Seltene Erden und radioaktive Elemente, 1; Theoretische Chemie der Farbstoffe, 1. — **Schulze**: Organische Chemie 3, Repetitorium, 1; Agrikulturchemie II: Fütterungslehre, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 4 und 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, 24. — **Willstätter**: Organische Chemie, 6, Repetitorium, 1, II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 10. — **Winterstein**: Physiologische Chemie, 2; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1. —

Franel: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Baeschlin**: Vermessungskunde I, 3, Übungen, 3, III, 4, Übungen II, 8; Größere Vermessungsübung, 2 Wochen. — **Beyel**: Darstellende Geometrie, 2; Die Grundlagen der Geometrie, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung mit Übungen, 2. — **Dumas**: Theorie und Anwendung der Reihen, 2. — **Du Pasquier**: Mathematische Behandlung statistischer Grundlagen für Lebensversicherung und Bevölkerungstheorie, 2; Flächentheorie, 4. — **Geiser**: Ebene algebraische Kurven, 4. — **Großmann**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 2; Nichteuklidische Geometrie, 4; Mathematisches Seminar (mit Hurwitz), 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik II, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Lineare Differentialgleichungen. — **Hurwitz**: Algebraische Gleichungen, 4. — **Kienast**: Elastizitätstheorie, 2. — **Kollros**: Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 3; Geometrie, 2; Mathematische Übungen, 2. — **Kraft**: Synthetisch-analytische Mechanik (Grundlage: geometrischer Kalkül), 3; Analytische Mechanik, 3; Vektoranalysis, 3; Geometrisches Rechnen, Anwendung: Konstruktion der ebenen Kurven höheren Grades, 2. — **Meißner**: Mechanik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Hydrodynamik, 2. — **Rudio**: Anwendungen der höheren Mathematik, 4. — **Wolfer**: Geographische Ortsbestimmung, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 3; Einleitung in die Astrophysik, 2. —

Gesuche.

Für das Physikalische Institut der **Technischen Hochschule** in **Darmstadt** wird zum 1. Mai d. J. ein

Assistent

gesucht. Bewerbungen sind zu richten an

Prof. Dr. **K. Schering,**
Darmstadt, Hochschulstraße 2.

Dipl.-Ing. Dr. phil.

sucht als **Elektriker** Stellung. Offerten sind zu senden unter **S. H. 344** an die Expedition dieser Zeitschrift.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Danzig-Langfuhr. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.